

ФИЗИКА

С.В. Степанов

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ НАБОР ПО ФИЗИКЕ

Руководство
по выполнению
лабораторных
работ



Универсальный лабораторный набор по физике. Руководство по выполнению лабораторных работ / С.В. Степанов. – 1-е изд. – М.; АО «САГА Технологии», 2016. – 186 с.: ил.

Данное руководство содержит описание экспериментальных заданий для проведения государственной итоговой аттестации по физике. В руководстве приведены подробные указания к выполнению, которые сопровождаются фотографиями экспериментальных установок, собранных с использованием элементов универсального лабораторного набора по физике. Даны рекомендации для экспертов по оценке возможных значений результатов измерений, выполненных учащимися.

© Степанов С.В.
© АО «САГА Технологии», 2016
Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

РАСЧЕТ ПО ПОЛУЧЕННЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАВИСИМОГО ОТ НИХ ПАРАМЕТРА (КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ) 5

Лабораторная работа № 1	Измерение плотности вещества твердого тела	6
Лабораторная работа № 2	Определение коэффициента трения скольжения	10
Лабораторная работа № 3	Определение жесткости пружины	14
Лабораторная работа № 4	Определение выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тела	18
Лабораторная работа № 5	Определение момента силы, действующей на рычаг	20
Лабораторная работа № 6	Измерение скорости равномерного движения	24
Лабораторная работа № 7	Измерение средней скорости движения	28
Лабораторная работа № 8	Измерение ускорения равноускоренного движения	33
Лабораторная работа № 9	Измерение работы силы упругости при подъеме груза с помощью подвижного блока	38
Лабораторная работа № 10	Измерение работы силы упругости при подъеме груза с помощью неподвижного блока	42
Лабораторная работа № 11	Измерение работы силы трения	46
Лабораторная работа № 12	Определение частоты колебаний груза на нити	50
Лабораторная работа № 13	Определение частоты колебаний груза на пружине	53
Лабораторная работа № 14	Определение относительной влажности	56
Лабораторная работа № 15	Определение количества теплоты, полученного при теплообмене	58
Лабораторная работа № 16	Измерение мощности электрического тока	60
Лабораторная работа № 17	Измерение работы электрического тока	64
Лабораторная работа № 18	Определение электрического сопротивления резистора	68
Лабораторная работа № 19	Определение оптической силы собирающей линзы	72

НАБЛЮДЕНИЕ ЯВЛЕНИЙ И ПОСТАНОВКА ОПЫТОВ (НА КАЧЕСТВЕННОМ УРОВНЕ) ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОТЕКАНИЕ ДАННЫХ ЯВЛЕНИЙ 75

Лабораторная работа № 1	Исследование зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости	76
Лабораторная работа № 2	Исследование зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части тела	80
Лабораторная работа № 3	Наблюдение зависимости температуры остывающей воды от времени	84
Лабораторная работа № 4	Исследование независимости силы трения от площади соприкасающихся поверхностей	86
Лабораторная работа № 5	Исследование явления взаимодействия катушки с током и магнита	88
Лабораторная работа № 6	Исследование явления электромагнитной индукции	91

Лабораторная работа № 7	Обнаружение зависимости сопротивления проводника от его длины	93
Лабораторная работа № 8	Исследование зависимости массы от объема	98
Лабораторная работа № 9	Обнаружение зависимости сопротивления проводника от площади его поперечного сечения	101
Лабораторная работа № 10	Обнаружение зависимости сопротивления проводника от материала, из которого он изготовлен	106

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТ ДРУГОЙ С ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ В ВИДЕ ГРАФИКА ИЛИ ТАБЛИЦЫ **111**

Лабораторная работа № 1	Исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления	112
Лабораторная работа № 2	Исследование зависимости деформации пружины от силы	115
Лабораторная работа № 3	Исследование зависимости периода колебаний груза на нити от длины	120
Лабораторная работа № 4	Исследование зависимости периода колебаний груза на пружине от жесткости	123
Лабораторная работа № 5	Исследование зависимости периода колебаний груза на пружине от массы	127
Лабораторная работа № 6	Исследование зависимости силы тока через проводник от напряжения на его концах	132
Лабораторная работа № 8	Исследование зависимости угла преломления от угла падения	136
Лабораторная работа № 9	Исследование зависимости размера изображения от расстояния от линзы до экрана	140
Лабораторная работа № 10	Проверка гипотезы о линейной зависимости длины столбика жидкости в трубке от температуры	142
Лабораторная работа № 11	Исследование зависимости пути от времени при равноускоренном движении без начальной скорости	145
Лабораторная работа № 12	Проверка правила для электрического напряжения при последовательном соединении резисторов	149
Лабораторная работа № 13	Проверка правила для силы тока при параллельном соединении резисторов	154
Лабораторная работа № 14	Проверка правила для электрического напряжения при последовательном соединении резисторов	159
Лабораторная работа № 15	Проверка правила для силы тока при параллельном соединении резисторов	164

Внешний вид деталей универсального лабораторного набора по физике, используемых в экспериментальных заданиях	169
--	-----

**РАСЧЕТ ПО ПОЛУЧЕННЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ
ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ЗАВИСИМОГО ОТ НИХ ПАРАМЕТРА
(КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ)**

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Цель опыта: Определить плотность вещества, из которого изготовлено тело, измерив его объем и массу.



Задание №1

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



Характеристика оборудования:

1	Весы учебные электронные
2	Мерный цилиндр (цена деления 2 мл)
3	Цилиндр №1 (металлический)
4	Сосуд с водой
5	Нить

В бланке ответов:

1) сделайте рисунок экспериментальной установки;

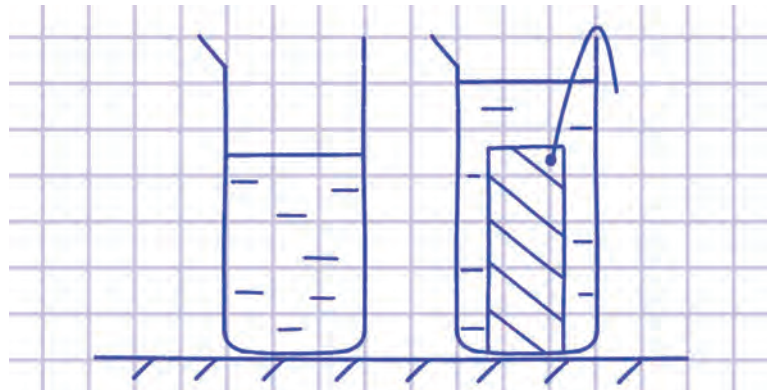
- 2) запишите формулу для расчета плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объема;
- 4) запишите численное значение плотности материала цилиндра.

Порядок выполнения задания:

- ❶ С помощью весов определите массу цилиндра m .
- ❷ Налейте в мерный цилиндр воды и измерьте ее объем V_1 .
- ❸ Привяжите к цилиндру №1 нить для погружения его в воду.
- ❹ Определите объем воды и цилиндра V_2 .
- ❺ Вычислите объем цилиндра V по формуле: $V = V_2 - V_1$.
- ❻ Вычислите плотность вещества цилиндра по формуле: $\rho = m/V$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки
2. $\rho = m/V$
3. $m = 96$ г



$$V_1 = 40 \text{ мл}$$

$$V_2 = 74 \text{ мл}$$

$$V = 34 \text{ мл} = 34 \text{ см}^3$$

$$4. \quad \rho = \frac{96 \text{ г}}{34 \text{ см}^3} = 2,82 \text{ г/см}^3 = 2820 \text{ кг/м}^3$$

Указание экспертам

Масса измеряется электронными весами с точностью измерения 0,1 г. Абсолютная погрешность прямого измерения массы составит $\Delta m = \pm 0,1$ г. При этом относительная погрешность равна

$$\delta m = \frac{0,1 \text{ г}}{96 \text{ г}} \times 100\% = 0,1\%$$

Погрешность однократного измерения объема составит 2 мл, следовательно,

$$\delta V = \frac{(2 + 2) \text{ мл}}{34 \text{ мл}} \times 100\% \approx 12\%$$

Следовательно, значение плотности может быть в пределах:

$$\rho = (2,82 \pm 0,34) \text{ г/см}^3; \delta \rho = 12\%.$$



Задание №2

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



Характеристика оборудования:

1	Весы учебные электронные
2	Мерный цилиндр (цена деления 2 мл)
3	Цилиндр №2 (пластиковый)
4	Сосуд с водой
5	Нить

В бланке ответов:

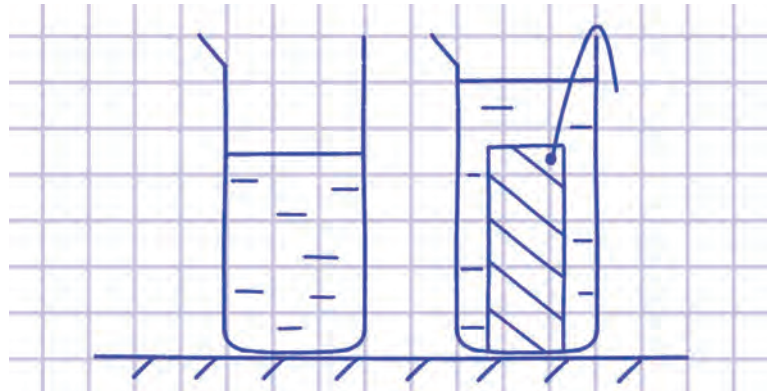
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы цилиндра и его объема;
- 4) запишите численное значение плотности материала цилиндра.

Порядок выполнения задания:

- 1 С помощью весов определите массу цилиндра m ;
- 2 Налейте в мерный цилиндр воды и измерьте ее объем V_1 ;
- 3 Привяжите к цилиндру №1 нить для погружения его в воду;
- 4 Определите объем воды и цилиндра V_2 ;
- 5 Вычислите объем цилиндра V по формуле: $V = V_2 - V_1$;
- 6 Вычислите плотность вещества цилиндра по формуле: $\rho = m/V$.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. $\rho = m/V$

3. $m = 86 \text{ г}$

$V_1 = 36 \text{ мл}$

$V_2 = 94 \text{ мл}$

$V = 58 \text{ мл} = 58 \text{ см}^3$

4. $\rho = \frac{86\text{г}}{58\text{см}^3} = 1,48 \text{ г/см}^3 = 1480 \text{ кг/м}^3$

Указание экспертам:

Масса измеряется электронными весами с точностью измерения 0,1 г. Абсолютная погрешность прямого измерения массы составит $\Delta m = \pm 0,1 \text{ г}$.

При этом относительная погрешность равна

$$\delta m = \frac{0,1\text{г}}{86\text{г}} \times 100\% \approx 0,12\%$$

Погрешность однократного измерения объема составит 2 мл, следовательно,

$$\delta V = \frac{(2 + 2)\text{мл}}{58 \text{ мл}} \times 100\% \approx 7\%$$

При этом значение плотности может быть в пределах:

$$\rho = (1,48 \pm 0,1) \text{ г/см}^3; \delta \rho = 7\%.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель опыта:

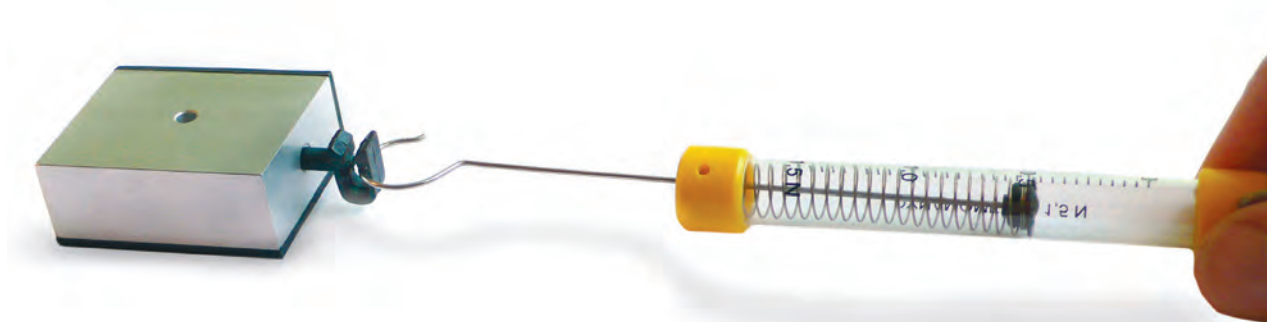
Определить коэффициент трения скольжения, измерив вес тела и действующую на него силу трения скольжения.



Задание №1

Используя металлический брусок, две грани которого покрыты резиной, динамометр с пределом измерения 1,5 Н и лист бумаги, соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между резиновой поверхностью бруска и поверхностью бумаги.

Характеристика оборудования:



1	Металлический брусок, две поверхности которого покрыты резиной
2	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
3	Лист бумаги

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета коэффициента трения скольжения;
- 3) запишите результаты измерений веса бруска и силы трения скольжения при движении бруска по поверхности бумаги;
- 4) запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

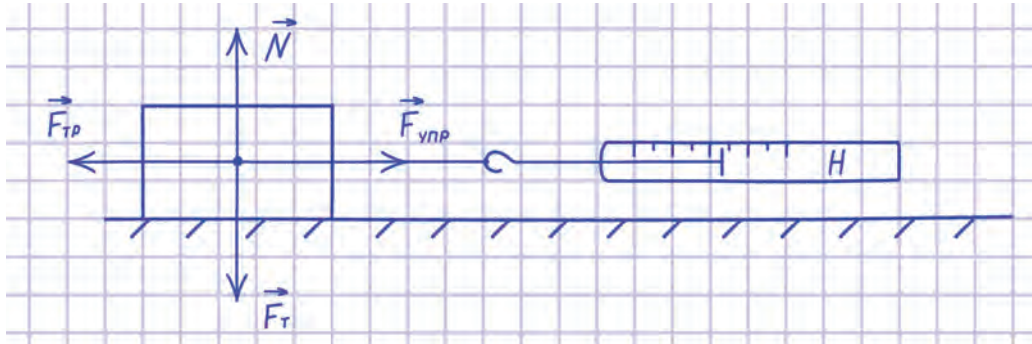
Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке выше. Положите на лист бумаги брусок широкой гранью с резиновой поверхностью вниз и прицепите к его крючку динамометр. Равномерно перемещая динамометр, удерживая его строго горизонтально, измерьте показания динамометра – $F_{\text{упр}}$.
- ❷ Измерьте вес бруска P .
- ❸ Вычислите значение коэффициента трения скольжения по формуле:

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N}, \text{ где } |N| = |P|, |F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}|$$

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $\mu = F_{\text{тр}} / N$

3. $|F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}| = 0,5 \text{ Н}, |N| = |P| = 1 \text{ Н}$

4. $\mu = \frac{0,5\text{Н}}{1\text{Н}} = 0,5$

Указание экспертам:

При определении коэффициента трения скольжения использовался динамометр с ценой деления 0,05 Н. Следовательно, абсолютная погрешность измерения веса бруска составит $\Delta P = 0,05 \text{ Н}$.

Абсолютная погрешность измерения силы трения составит $\Delta F_{\text{тр}} = 0,05 \text{ Н}$.

При этом относительные погрешности измерения веса и силы трения составят:

$$\delta P = \frac{0,05\text{Н}}{1\text{Н}} \times 100\% = 5\%$$

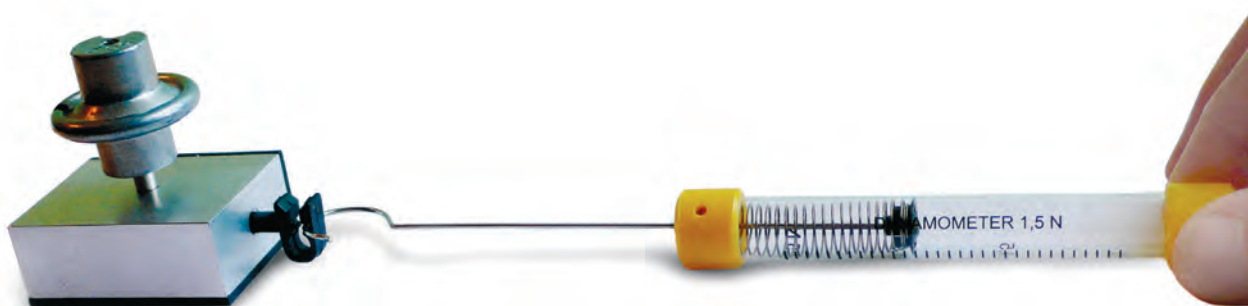
$$\delta F = \frac{0,05\text{Н}}{0,5\text{Н}} \times 100\% = 10\%$$

Значение коэффициента трения может находиться в пределах:

$$\mu = 0,5 \pm 0,08; \delta\mu = 15\%.$$

**Задание №2**

Используя металлический брусок, две грани которого покрыты резиной, груз, динамометр с пределом измерения 1,5 Н и лист бумаги, соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между резиновой поверхностью бруска и поверхностью бумаги.

Характеристика оборудования:

1	Металлический брусок, две поверхности которого покрыты резиной
2	Груз
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
4	Лист бумаги

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета коэффициента трения скольжения;
- 3) запишите результаты измерений веса бруска и силы трения скольжения при движении бруска по поверхности бумаги;
- 4) запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

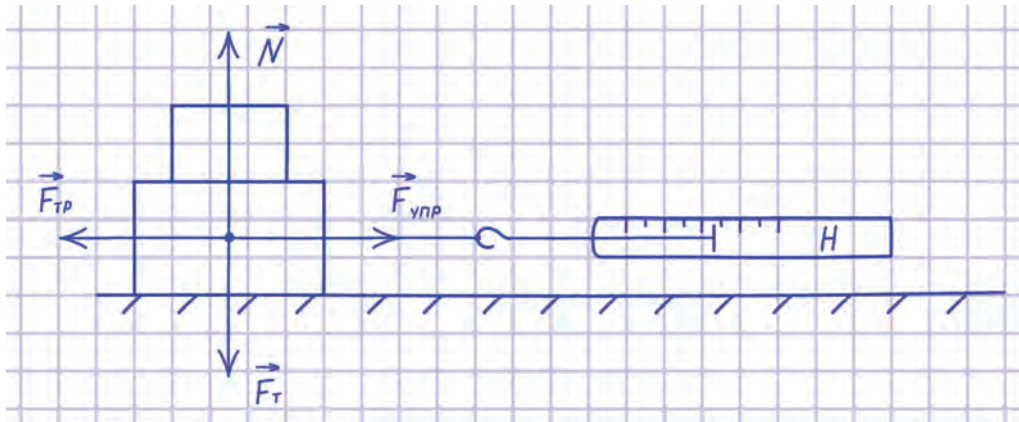
Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке выше. Положите на лист бумаги брусок широкой гранью с резиновой поверхностью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На верхней поверхности бруска закрепите груз. Равномерно перемещая динамометр, удерживая его строго горизонтально, измерьте показания динамометра – $F_{\text{упр}}$.
- ❷ Измерьте вес бруска с грузом P .
- ❸ Вычислите значение коэффициента трения скольжения по формуле:

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N}, \text{ где } |N| = |P|, |F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}|$$

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $\mu = F_{\text{тр}} / N$
 3. $|F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}| = 0,85 \text{ Н}$
 $|N| = |P| = 1,5 \text{ Н}$
 4. $\mu = \frac{0,85 \text{ Н}}{1,5 \text{ Н}} = 0,57$

Указание экспертам

При определении коэффициента трения скольжения использовался динамометр с ценой деления 0,05 Н.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения веса бруска составит $\Delta P = 0,05 \text{ Н}$.

Абсолютная погрешность измерения силы трения составит $\Delta F_{\text{тр}} = 0,05 \text{ Н}$.

При этом относительные погрешности измерения веса и силы трения составят:

$$\delta P = \frac{0,05 \text{ Н}}{1,5 \text{ Н}} \times 100\% \approx 3\%$$

$$\delta F = \frac{0,05 \text{ Н}}{0,85 \text{ Н}} \times 100\% \approx 6\%$$

Значение коэффициента трения может находиться в пределах:

$$\mu = 0,57 \pm 0,05; \delta\mu = 9\%.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ



Цель опыта:

Определить жесткость пружины, измерив ее удлинение под действием груза известной массы.



Задание №1

Используя детали штатива, пружину №1, набор грузов и линейку, соберите экспериментальную установку и определите жесткость пружины.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с деталями
2	Пружина №1 жесткостью 10 Н/м
3	Набор грузов 2 × 50 г
4	Линейка

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета жесткости пружины;
- 3) запишите результаты измерений веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите численное значение жесткости пружины.

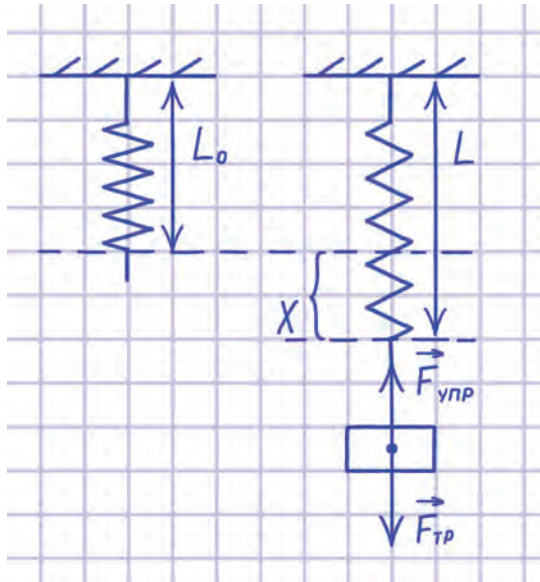
Порядок выполнения задания:

1. Соберите установку, как показано на рисунке.
2. Подвесьте к штативу пружину.
3. Измерьте линейкой начальную длину пружины L_0
4. Подвесьте к пружине груз известной массы, например, два груза по 50 г.
5. Измерьте длину пружины L .

6. Вычислите абсолютное удлинение пружины X .
7. Вычислите силу упругости пружины
 $F_{\text{упр}} = mg$.
8. Вычислите жесткость пружины по формуле $k = F_{\text{упр}} / X$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $k = F_{\text{упр}} / X$
3. $X = L - L_0 = 170 \text{ мм} - 70 \text{ мм} = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$
 $F_{\text{упр}} = mg = 0,98 \text{ Н}$
4. $k = \frac{0,98 \text{ Н}}{0,1 \text{ м}} = 9,8 \text{ Н/м}$

Указание экспертам:

Абсолютная погрешность массы груза может достигать $\Delta m = 0,5 \text{ г}$. При использовании в опыте двух грузов абсолютные погрешности складываются.

Таким образом, максимальная относительная погрешность определения массы составит $\delta m = 2\%$.

Использование в расчетах $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ дает погрешности: $\Delta g = 0,05 \text{ м/с}^2$ и $\delta g \approx 0,05 \%$.
 Измерение удлинения пружины линейкой с ценой деления 1 мм дает погрешности

$$\Delta X = 0,002 \text{ м} \quad \delta X = \frac{0,002 \text{ м}}{0,1 \text{ м}} \times 100\% = 2\%$$

Следовательно, максимальная относительная погрешность определения жесткости пружины составит $\delta k = \delta m + \delta g + \delta X = 2 + 0,05 + 2 = 4,05 \%$.

$$\Delta k = 0,041 \text{ Н/м}$$

Следовательно, значение жесткости пружины должно попасть в интервал:

$$k = (9,8 \pm 0,041) \text{ Н/м}.$$

**Задание 2**

Используя детали штатива, пружину №2, набор грузов и линейку, соберите экспериментальную установку и определите жесткость пружины.

**Характеристика оборудования:**

1	Штатив с деталями
2	Пружина №2 жесткостью 30 Н/м
3	Набор грузов 4 × 50 г
4	Линейка

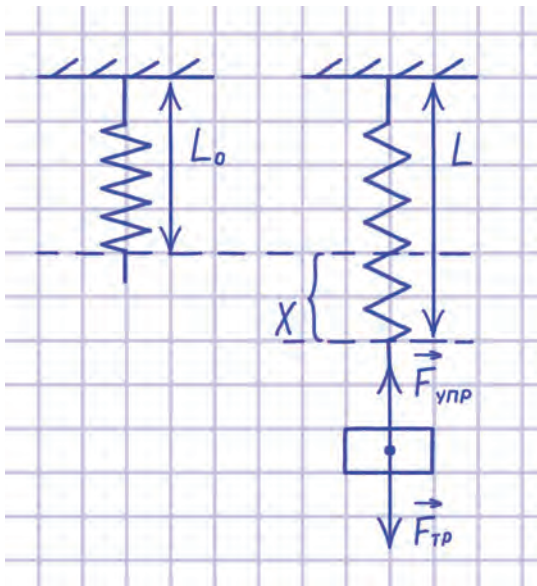
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета жесткости пружины;
- 3) запишите результаты измерений веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите численное значение жесткости пружины.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Подвесьте к штативу пружину.
- ❸ Измерьте линейкой начальную длину пружины L_0 .
- ❹ Подвесьте к пружине груз известной массы, например, четыре груза по 50 г.
- ❺ Измерьте длину пружины L .
- ❻ Вычислите абсолютное удлинение пружины X .
- ❼ Вычислите силу упругости пружины $F_{\text{упр}} = mg$.
- ❽ Вычислите жесткость пружины по формуле

$$k = F_{\text{упр}} / X.$$

**Образец возможного выполнения задания:**

1. Возможный вид рисунка установки
2. $k = F_{\text{упр}} / X$
3. $X = L - L_0 = 132 \text{ мм} - 70 \text{ мм} = 62 \text{ мм} = 0,062 \text{ м}$
 $F_{\text{упр}} = mg = 1,96 \text{ Н}$
4. $k = \frac{1,96 \text{ Н}}{0,062 \text{ м}} = 31,6 \text{ Н/м}$

Указание экспертам:

Абсолютная погрешность массы груза может достигать $\Delta m = 0,5 \text{ г}$. При использовании в опыте двух грузов абсолютные погрешности складываются.

Таким образом, максимальная относительная погрешность определения массы составит $\delta m = 2\%$.

Использование в расчетах $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ дает погрешности: $\Delta g = 0,05 \text{ м/с}^2$ и $\delta g \approx 0,05\%$.

Измерение удлинения пружины линейкой с ценой деления 1 мм дает погрешности

$$\Delta X = 0,002 \text{ м и } \delta X = \frac{0,002 \text{ м}}{0,1 \text{ м}} \times 100\% = 2\%$$

Следовательно, максимальная относительная погрешность определения жесткости пружины составит $\delta k = \delta m + \delta g + \delta X = 2 + 0,05 + 2 = 4,05\%$.

$$\Delta k = 0,041 \text{ Н/м}$$

Следовательно, значение жесткости пружины должно попасть в интервал:

$$k = (9,8 \pm 0,041) \text{ Н/м.}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ПОГРУЖЕННОЕ В ЖИДКОСТЬ ТЕЛО

Цель опыта:

Измерить выталкивающую силу, действующую на погруженное в воду тело, по разнице веса тела в воздухе и в воде.



Задание

Используя динамометр с пределом 1,5 Н, металлический цилиндр и стакан с водой, соберите экспериментальную установку и определите выталкивающую силу, действующую на цилиндр, погруженный в воду.



Характеристика оборудования:

1	Цилиндр №1 (металлический)
2	Стакан с водой
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н

В бланке ответов:

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

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.
- 2) Измерьте и запишите вес цилиндра в воздухе P_1 .
- 3) Погрузите полностью цилиндр в воду, налитую в стакан. Измерьте и запишите вес цилиндра в воде P_2 .
- 4) Вычислите значение выталкивающей силы по формуле: $F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки
2. $P_1 = 1 \text{ Н}$
3. $P_2 = 0,6 \text{ Н}$
4. $F_{\text{выт}} = 1 \text{ Н} - 0,6 \text{ Н} = 0,4 \text{ Н}$

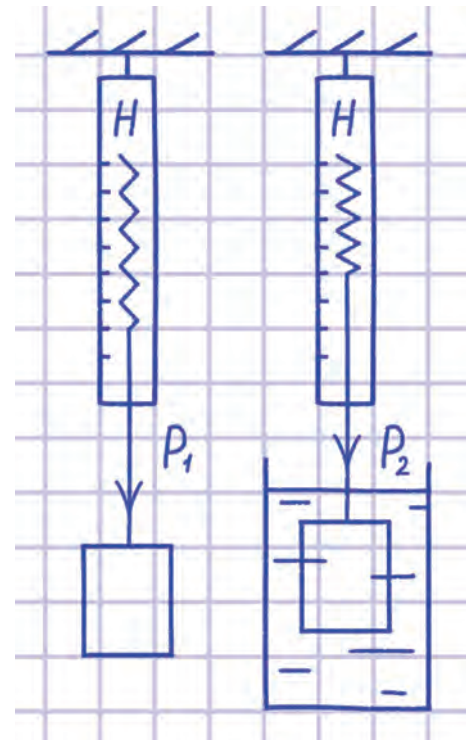
Указание экспертам

Для измерения веса используется динамометр с ценой деления $0,05 \text{ Н}$. Следовательно, абсолютная погрешность измерения веса составит $\Delta P = 0,05 \text{ Н}$.

Поскольку выталкивающая сила определяется по двукратному измерению веса, абсолютная погрешность удвоится и составит $\Delta F_{\text{выт}} = 0,1 \text{ Н}$.

Следовательно, значение выталкивающей силы может находиться в следующем интервале:

$$F_{\text{выт}} = (0,4 \pm 0,1) \text{ Н}; \quad \delta F = 25\%.$$



ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА РЫЧАГ

Цель опыта:

Определить момент силы, приложенной к рычагу, измерив ее модуль и плечо.

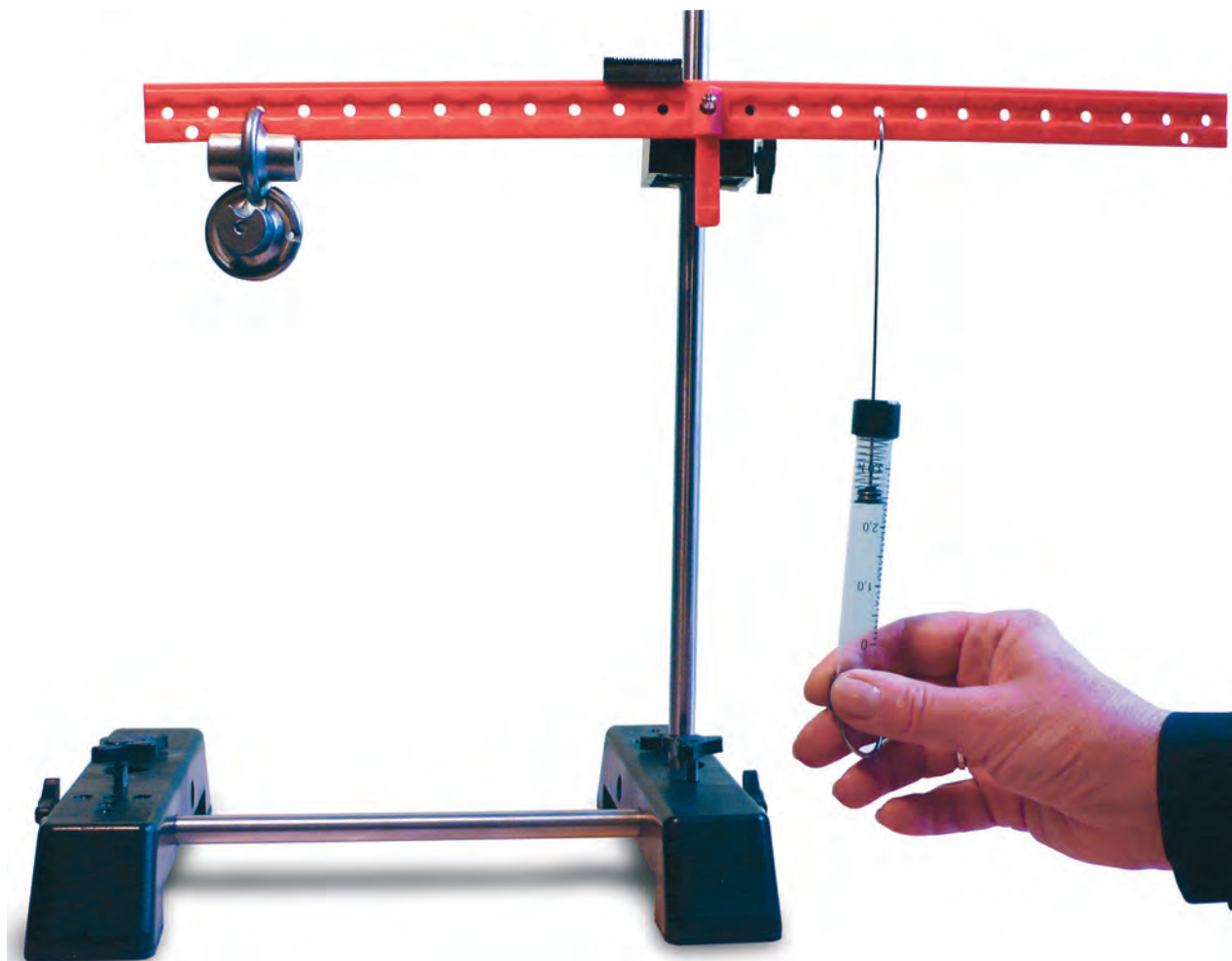


Задание №1

Используя рычаг, два груза массой 50 г каждый, штатив и динамометр с пределом 3 Н, соберите установку для определения момента силы, которую необходимо приложить к одному из плеч рычага для его равновесия, если к противоположному плечу подвесить оба груза на расстоянии 15 см от оси вращения.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Груз 2 × 50 г
3	Динамометр с пределом измерения 3 Н
4	Рычаг
5	Линейка



В бланке ответов:

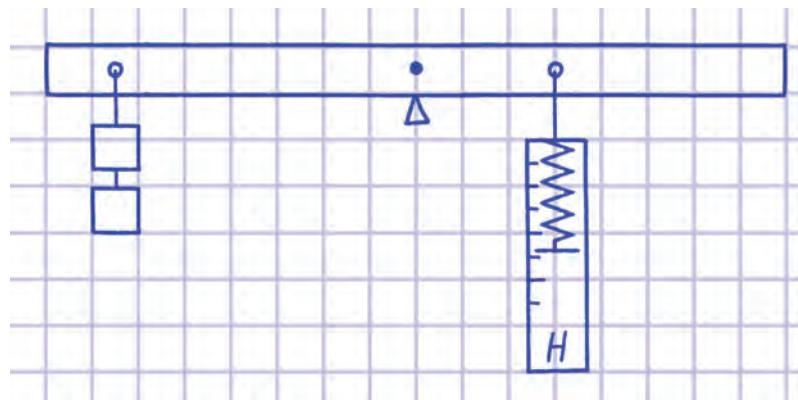
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета момента силы;
- 3) запишите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите численное значение момента силы.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Сбалансируйте рычаг, после чего подвесьте на его левое плечо два груза на расстоянии 15 см от оси вращения.
- ❸ Прикрепите к правому плечу рычага динамометр на расстоянии 6 см от оси вращения.
- ❹ Удерживая динамометр так, чтобы рычаг располагался горизонтально, определите его показание.
- ❺ Вычислите момент силы, действующей на правое плечо рычага по формуле: $M = FL$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $M = FL$
3. $F = 2,5 \text{ Н}; L = 0,06 \text{ м}$
4. $M = 2,5 \text{ Н} \times 0,06 \text{ м} = 0,15 \text{ Нм}$

Указание экспертам:

При измерении силы используется динамометр с ценой деления 0,1 Н. Следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения силы составит: $\Delta F = 0,1 \text{ Н}$.

При измерении плеча силы используется линейка с ценой деления 1 мм. Минимальная абсолютная погрешность измерения составляет: $\Delta d = 0,001 \text{ м}$.

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta F = \frac{0,1 \text{ Н}}{2,5 \text{ Н}} \times 100\% = 4\%$$

$$\delta L = \frac{0,001 \text{ м}}{0,06 \text{ м}} \times 100\% \approx 2\%$$

Следовательно, значение момента силы может находиться в следующих пределах:

$$M = (0,15 \pm 0,01) \text{ Нм}; \delta M = 6\%.$$



Задание №2

Используя рычаг и четыре груза массой 50 г каждый, штатив и динамометр с пределом 1,5 Н, соберите установку для определения момента силы, которую необходимо приложить к одному из плеч рычага для его равновесия, если к противоположному плечу подвесить оба груза на расстоянии 15 см от оси вращения.

Характеристика оборудования

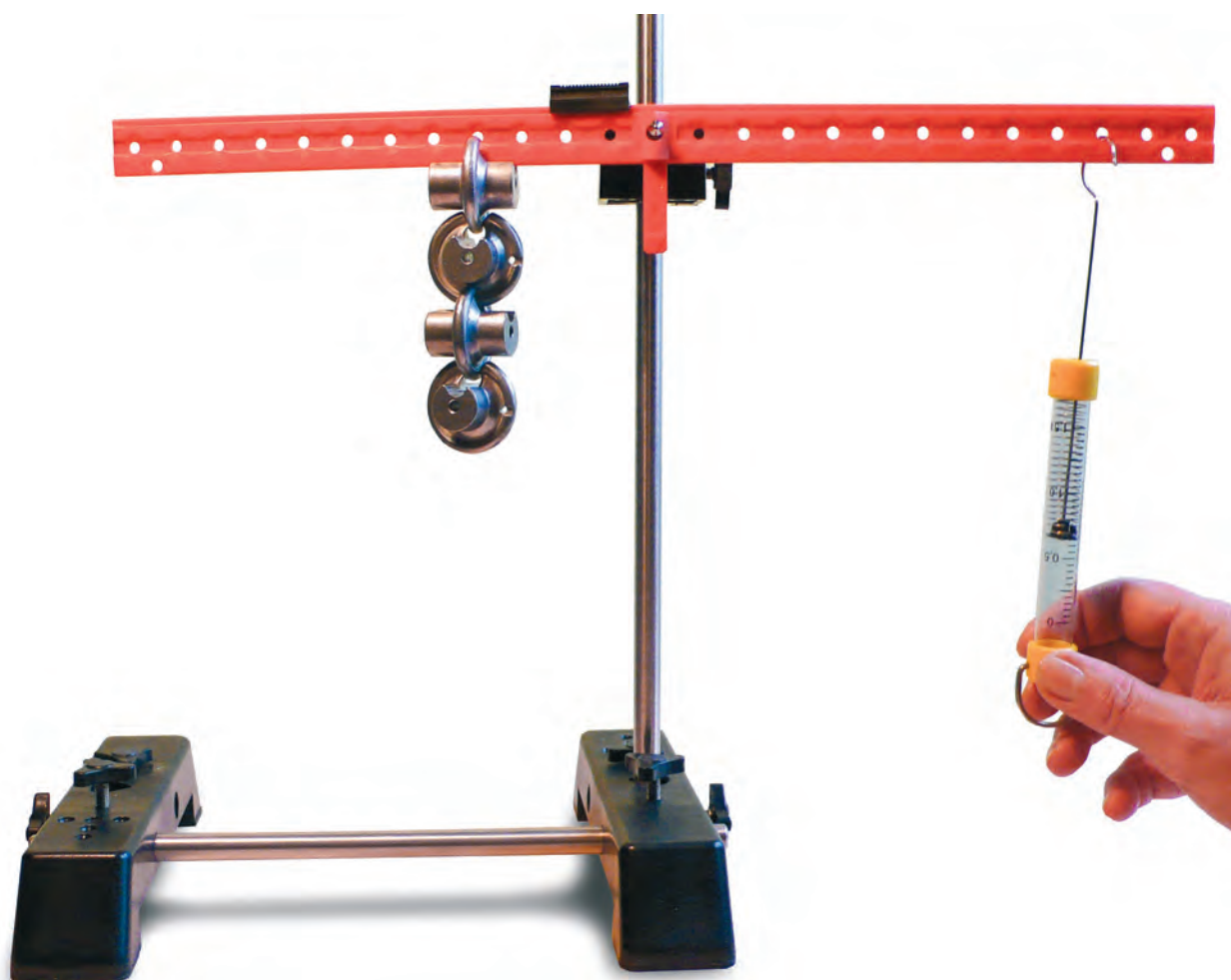
1	Штатив с набором деталей
2	Груз 4 × 50 г
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
4	Рычаг
5	Линейка

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета момента силы;
- 3) запишите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите численное значение момента силы.

Порядок выполнения задания

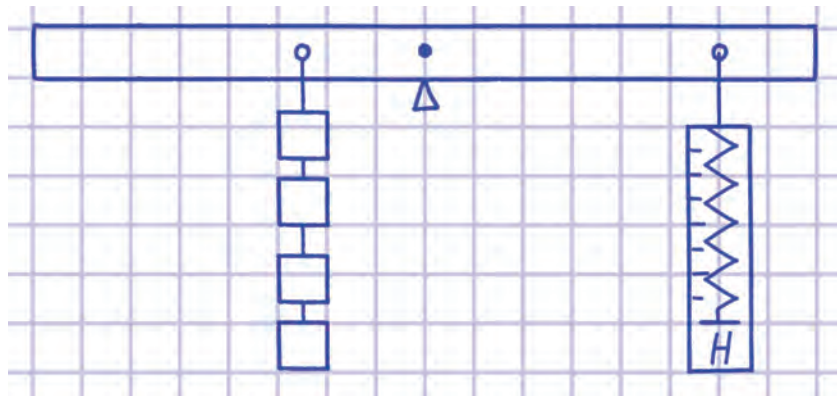
- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.



- ② Сбалансируйте рычаг, после чего подвесьте на его левое плечо четыре груза на расстоянии 6 см от оси вращения
- ③ Прикрепите к правому плечу рычага динамометр на расстоянии 15 см от оси вращения.
- ④ Удерживая динамометр так, чтобы рычаг располагался горизонтально, определите его показание.
- ⑤ Вычислите момент силы, действующей на правое плечо рычага по формуле: $M = FL$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $M = FL$
3. $F = 0,65 \text{ Н}; L = 0,15 \text{ м}$
4. $M = 0,65 \text{ Н} \times 0,15 \text{ м} \approx 0,1 \text{ Нм}$

Указание экспертам:

При измерении силы используется динамометр с ценой деления 0,05 Н. Следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения силы составит: $\Delta F = 0,05 \text{ Н}$.

При измерении плеча силы используется линейка с ценой деления 1 мм. Минимальная абсолютная погрешность измерения составляет: $\Delta d = 0,001 \text{ м}$.

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta F = \frac{0,05 \text{ Н}}{0,65 \text{ Н}} \times 100\% \approx 8\%$$

$$\delta L = \frac{0,001 \text{ м}}{0,15 \text{ м}} \times 100\% \approx 1\%$$

Следовательно, значение момента силы может находиться в следующих пределах:

$$M = (0,1 \pm 0,01) \text{ Нм}; \delta M = 9\%.$$

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ

Цель опыта:

Определить скорость равномерного движения пузырька воздуха в вязкой жидкости, измерив его перемещение и время, за которое оно произошло.

Задание №1



Используя электронный секундомер, линейку, прозрачную пластиковую трубку, заполненную вязкой жидкостью красного цвета с пузырьком воздуха, измерьте скорость движения пузырька в трубке, установленной вертикально, при его перемещении на 15 см.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Линейка
3	Секундомер
4	Указатели (2 шт)
5	Трубка с красной жидкостью

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета скорости равномерного движения;
- 3) запишите результаты измерений промежутков времени, проведя пять опытов, и найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите численное значение скорости пузырька.

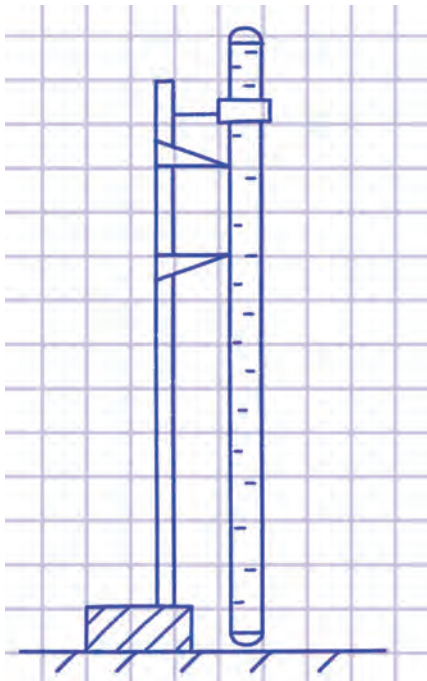


Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке. Закрепите вертикально стержень и прикрепите к нему муфту с зажимом, в который вставьте трубку с красной жидкостью. На стержне закрепите два указателя и, приложив линейку, установите расстояние между ними S в 15 см.
- ❷ Измерьте 5 раз время t , в течение которого пузырек совершает перемещение, равное 15 см. Вычислите среднее значение времени $t_{\text{ср}}$.
Данные занесите в таблицу:

№ опыта	t , с	$t_{\text{ср}}$, с

- ❸ Вычислите скорость движения пузырька V по формуле: $V = S/t_{\text{ср}}$.

**Образец возможного выполнения задания:**

1. Возможный вид рисунка установки
2. $V = S/t_{\text{ср}}$
3. Таблица

№ опыта	t , с	$t_{\text{ср}}$, с
1	7,19	7,3
2	7,40	
3	7,09	
4	7,44	
5	7,25	

4. $V = 0,15 \text{ м}/7,3 \text{ с} = 0,02 \text{ м/с}$

Указание экспертам

С учетом того, что радиус кривизны поверхности пузырька составляет порядка 0,005 м, погрешность измерения перемещения составит 0,005 м, следовательно

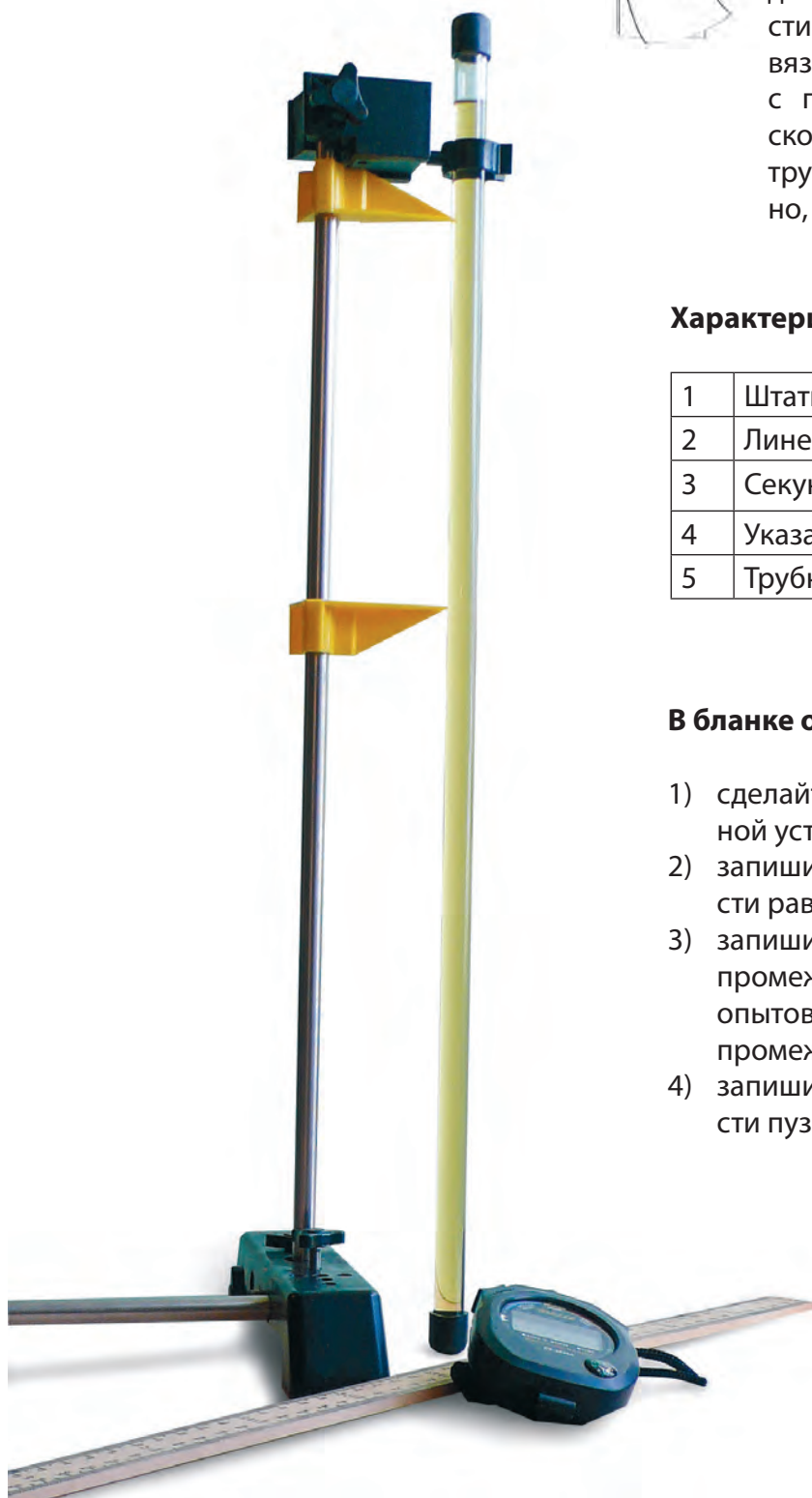
$$\delta s = \frac{0,005 \text{ м}}{0,15 \text{ м}} \times 100\% \approx 3\%$$

Несмотря на то, что влияние случайных ошибок измерения времени снижено за счет определения среднего значения, погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность времени равна

$$\delta t = \frac{0,4 \text{ с}}{7,3 \text{ с}} \times 100\% \approx 5\%$$

Относительная погрешность измерения скорости $\delta V = 8\%$.
Следовательно, значение скорости может быть в пределах

$$V = (0,02 \pm 0,002) \text{ м/с или } (2 \pm 0,2) \text{ см/с.}$$



Задание №2

Используя электронный секундомер, линейку, прозрачную пластиковую трубку, заполненную вязкой жидкостью желтого цвета с пузырьком воздуха, измерьте скорость движения пузырька в трубке, установленной вертикально, при его перемещении на 20 см.

Характеристика оборудования

1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Линейка
3	Секундомер
4	Указатели (2 шт)
5	Трубка с желтой жидкостью

В бланке ответов:

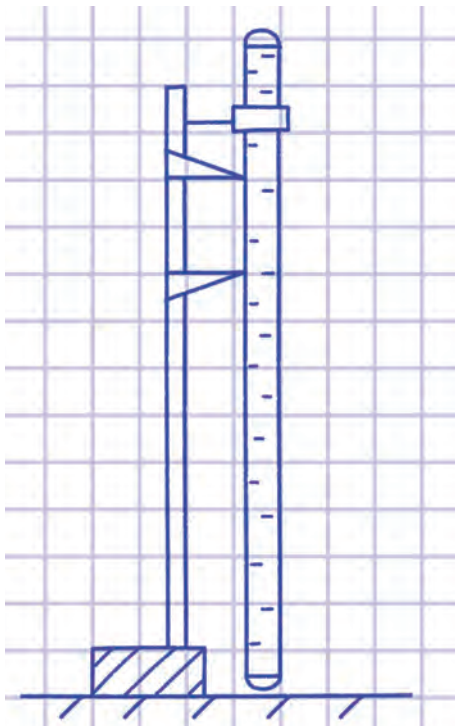
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета скорости равномерного движения;
- 3) запишите результаты измерений промежутков времени, проведя пять опытов, и найдите среднее значение промежутка времени;
- 4) запишите численное значение скорости пузырька.

Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке. Закрепите вертикально стержень и прикрепите к нему муфту с зажимом, в который вставьте трубку с желтой жидкостью. На стержне закрепите два указателя и, приложив линейку, установите расстояние между ними S в 20 см.
- ❷ Измерьте 5 раз время t , в течение которого пузырек совершает перемещение, равное 20 см. Вычислите среднее значение времени t_{cp} . Данные занесите в таблицу:

№ опыта	t, c	t_{cp}, c

- ❸ Вычислите скорость движения пузырька V по формуле: $V = S / t_{cp}$.

**Образец возможного выполнения задания:**

1. Возможный вид рисунка установки
2. $V = S/t_{cp}$
3. Таблица

№ опыта	t, c	t_{cp}, c
1	6,62	6,74
2	6,75	
3	6,75	
4	6,78	
5	6,81	

4. $V = 0,2 \text{ м} / 6,74 \text{ с} \approx 0,03 \text{ м/с}$

Указание экспертам

С учетом того, что радиус кривизны поверхности пузырька составляет порядка 0,005 м, погрешность измерения перемещения составит 0,005 м, следовательно,

$$\delta s = \frac{0,005 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} \times 100\% \approx 2,5\%$$

Несмотря на то, что влияние случайных ошибок измерения времени снижено за счет определения среднего значения, погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность времени равна

$$\delta t = \frac{0,4 \text{ с}}{6,74 \text{ с}} \times 100\% \approx 6\%$$

Относительная погрешность измерения скорости $\delta V = 8,5\%$. Следовательно, значение скорости может быть в пределах

$$V = (0,03 \pm 0,003) \text{ м/с} \text{ или } (3 \pm 0,3) \text{ см/с.}$$

ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Цель опыта:

Определить среднюю скорость прямолинейного движения тела, измерив его перемещение и время, за которое оно произошло.



Задание №1

Используя электромагнитный отметчик, тележку, рельсовую направляющую, ступенчатую опору, соберите экспериментальную установку для изучения движения тележки по наклонной поверхности. Измерьте среднюю скорость тележки при ее перемещении на 30 см вдоль поверхности рельсовой направляющей, один конец которой установлен на верхнюю ступень опоры.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Электромагнитный отметчик с периодом меток 0,02 с
3	Тележка
4	Рельсовая направляющая
5	Ступенчатая опора
6	Блок питания отметчика
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета средней скорости движения;
- 3) запишите результаты измерений времени перемещения тележки на 30 см, проведя три опыта, и найдите среднее значение времени;
- 4) запишите численное значение средней скорости тележки.



Порядок выполнения задания:

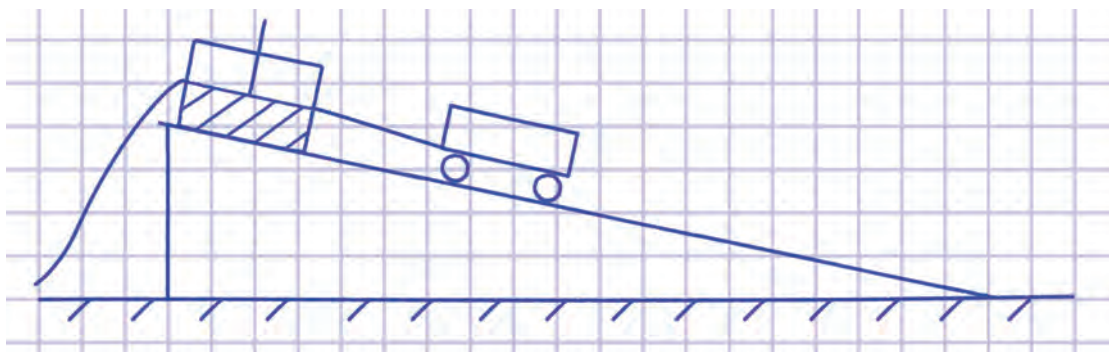
- ❶ Прикрепите к тележке отрезок бумажной ленты длиной 40 см.
- ❷ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❸ Подключите отметчик к блоку питания. Поместите на верхний конец наклонной направляющей тележку и заправьте ленту в пазы отметчика.
- ❹ Удерживая тележку на месте, включите отметчик. Отпустите тележку.
- ❺ Отмерьте на ленте от первой точки, нанесенной отметчиком, отрезок $S = 30$ см и подсчитайте количество интервалов между точками на этом отрезке.
- ❻ Определите время, затраченное тележкой на это перемещение, учитывая, что отметчик наносит точки с интервалом 0,02 с.
- ❼ Повторите опыт три раза, записывая данные в таблицу:

№	Количество интервалов времени по 0,02 с, n	t, с	t _{ср} , с
1			
2			
3			

- ❸ Вычислите среднее время движения тележки.
- ❹ Вычислите среднюю скорость тележки по формуле $V_{ср} = S/t_{ср}$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $V_{ср} = S/t_{ср}$
3. Таблица

№	Количество интервалов времени по 0,02 с, n	t, с	t _{ср} , с
1	46	0,92	
2	44	0,88	0,9
3	45	0,9	

4. $V_{ср} = 0,3 \text{ м}/0,9 \text{ с} = 0,33 \text{ м/с}$

Указание экспертам:

Абсолютная погрешность в начале отсчета времени движения тележки определяется периодом ударов отметчика и составляет 0,02 с.

Абсолютная погрешность определения времени прохождения тележкой расстояния в 30 см также составляет 0,02 с.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения времени перемещения тележки равна 0,04 с.

Относительная погрешность измерения времени составляет

$$\delta t = \frac{0,4\text{с}}{0,9} \approx 5\%$$

Абсолютная погрешность определения расстояния определяется ценой деления рулетки и составляет 1 мм.

Относительная погрешность измерения расстояния составляет

$$\delta S = \frac{1\text{мм}}{300\text{мм}} \approx 0,4\%$$

Тогда относительная погрешность измерения скорости составит:

$$\delta V = 5,4\%.$$

Следовательно, абсолютная погрешность определения средней скорости должна быть не более:

$$\Delta V_{\text{cp}} = 0,02 \text{ м/с}.$$

Это означает, что достоверным значением средней скорости может быть принято число, попадающее в интервал

$$V_{\text{cp}} = (0,33 \pm 0,02) \text{ м/с}.$$



Задание №2

Используя электромагнитный отметчик, тележку, рельсовую направляющую, ступенчатую опору, соберите экспериментальную установку для изучения движения тележки по наклонной поверхности. Измерьте среднюю скорость тележки при ее перемещении на 30 см вдоль поверхности рельсовой направляющей, один конец которой установлен на нижнюю ступень опоры.

Характеристика оборудования:

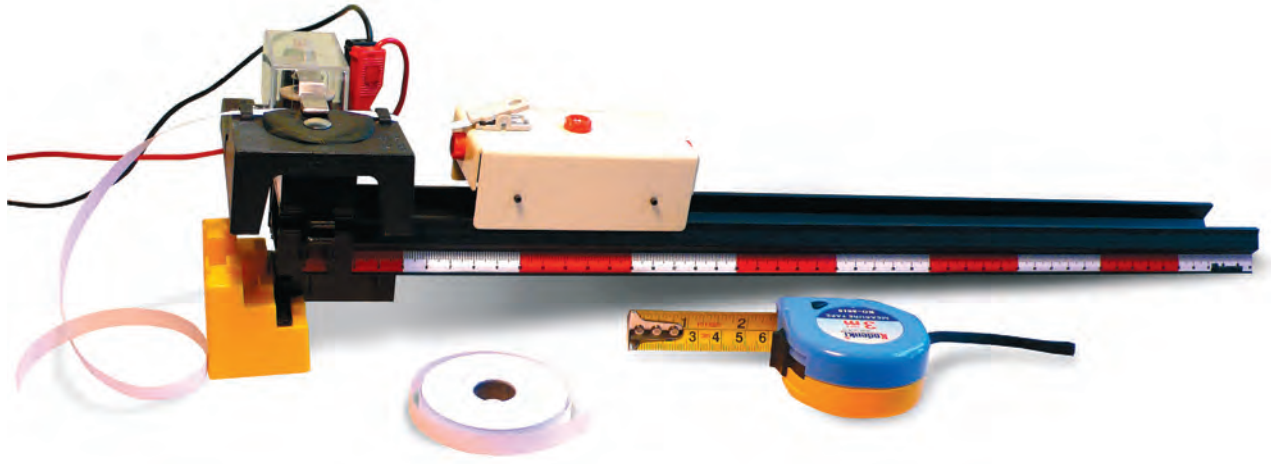
1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Электромагнитный отметчик с периодом меток 0,02 с
3	Тележка
4	Рельсовая направляющая
5	Ступенчатая опора
6	Блок питания отметчика
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета средней скорости движения;
- 3) запишите результаты измерений времени перемещения тележки на 30 см, проведя три опыта, и найдите среднее значение времени;
- 4) запишите численное значение средней скорости тележки.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Прикрепите к тележке отрезок бумажной ленты длиной 40 см.
- ❷ Соберите установку, как показано на рисунке.



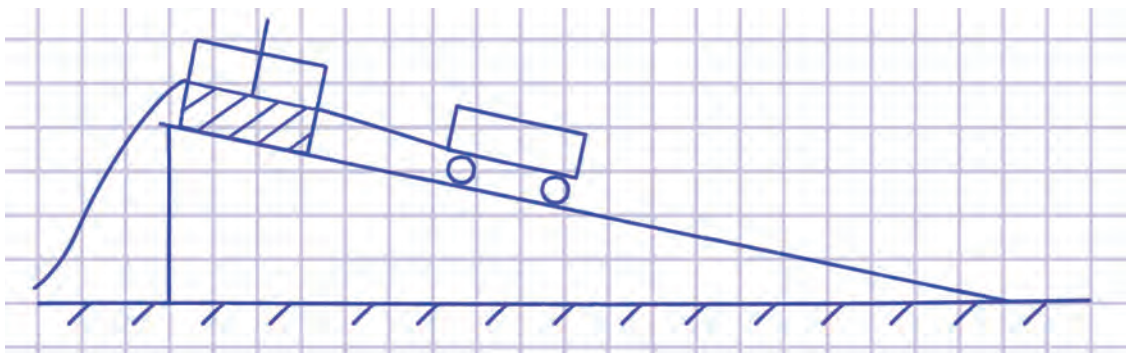
- ❸ Подключите датчик к блоку питания. Поместите на верхний конец наклонной направляющей тележку и заправьте ленту в пазы датчика.
- ❹ Удерживая тележку на месте, включите датчик. Отпустите тележку.
- ❺ Отмерьте на ленте от первой точки, нанесенной датчиком, отрезок $S = 30$ см и подсчитайте количество интервалов между точками на этом отрезке.
- ❻ Определите время, затраченное тележкой на это перемещение, учитывая, что датчик наносит точки с интервалом $0,02$ с.
- ❼ Повторите опыт три раза, записывая данные в таблицу:

№	Количество интервалов времени по $0,02$ с, n	t , с	t_{cp} , с
1			
2			
3			

- ❽ Вычислите среднее время движения тележки.
- ❾ Вычислите среднюю скорость тележки по формуле $V_{\text{cp}} = S/t_{\text{cp}}$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $V_{cp} = S / t_{cp}$
 3. Таблица

№	Количество интервалов времени по 0,02 с, n	t, с	t_{cp} , с
1	61	1,22	
2	60	1,2	1,22
3	62	1,24	

4. $V_{cp} = 0,3 \text{ м} / 1,22 \text{ с} = 0,25 \text{ м/с}$

Указание экспертам:

Абсолютная погрешность в начале отсчета времени движения тележки определяется периодом ударов отметчика и составляет 0,02 с.

Абсолютная погрешность определения времени прохождения тележкой расстояния в 30 см также составляет 0,02 с.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения времени перемещения тележки равна 0,04 с.

Относительная погрешность измерения времени составляет

$$\delta t = \frac{0,04 \text{ с}}{1,22} \approx 4\%$$

Абсолютная погрешность определения расстояния определяется ценой деления рулетки и составляет 1 мм.

Относительная погрешность измерения расстояния составляет

$$\delta S = \frac{1 \text{ мм}}{300 \text{ мм}} \approx 0,4\%$$

Тогда относительная погрешность измерения скорости составит:

$$\delta V = 4,4\%.$$

Следовательно, абсолютная погрешность определения средней скорости должна быть не более:

$$\Delta V_{cp} = 0,01 \text{ м/с}.$$

Это означает, что достоверным значением средней скорости может быть принято число, попадающее в интервал

$$V_{cp} = (0,25 \pm 0,01) \text{ м/с}.$$

ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ РАВНОУСКОРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ

Цель опыта:

Определить ускорение равноускоренного прямолинейного движения тела, измерив его перемещение и время, за которое оно произошло.



Задание №1

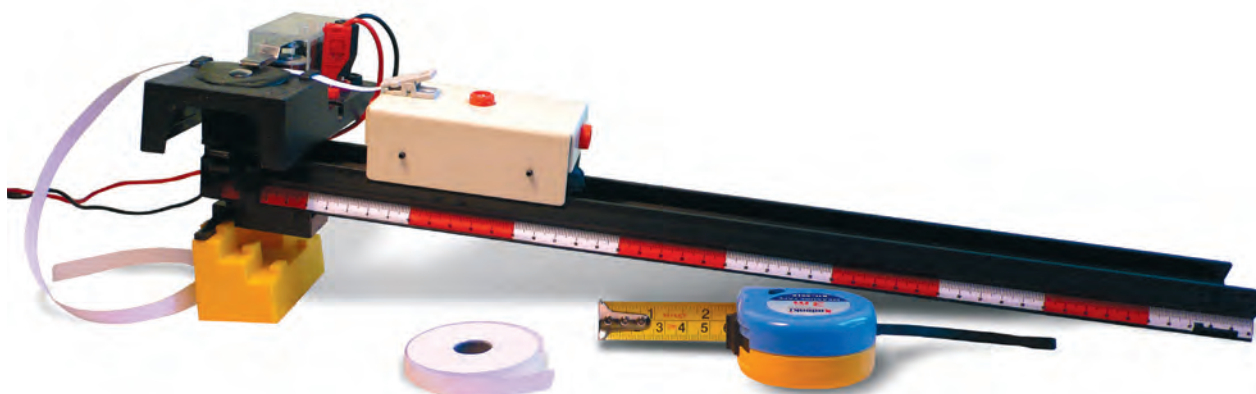
Используя электромагнитный отметчик, тележку, рельсовую направляющую, ступенчатую опору, соберите экспериментальную установку для изучения движения тележки по наклонной поверхности. Измерьте ускорение тележки при ее перемещении на 25 см вдоль поверхности рельсовой направляющей, один конец которой установлен на верхнюю ступень опоры.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Электромагнитный отметчик с периодом меток 0,02 с
3	Тележка
4	Рельсовая направляющая
5	Ступенчатая опора
6	Блок питания отметчика
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета ускорения движения;
- 3) запишите результаты измерений времени перемещения тележки на 25 см, проведя три опыта, и найдите среднее значение времени;
- 4) запишите численное значение ускорения тележки.



Порядок выполнения задания:

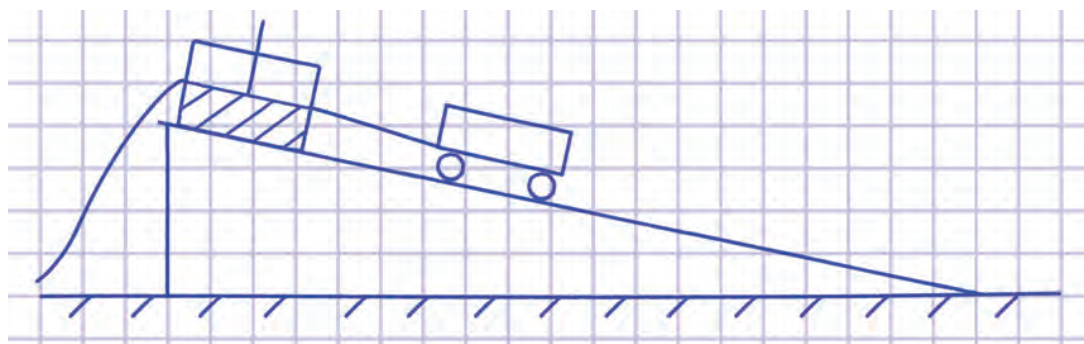
- ❶ Прикрепите к тележке отрезок бумажной ленты длиной 40 см.
- ❷ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❸ Подключите отметчик к блоку питания. Поместите на верхний конец наклонной направляющей тележку и заправьте ленту в пазы отметчика.
- ❹ Удерживая тележку на месте, включите отметчик. Отпустите тележку.
- ❺ Отмерьте на ленте от первой точки, нанесенной отметчиком, отрезок $S = 25$ см и подсчитайте количество интервалов между точками на этом отрезке.
- ❻ Определите время, затраченное тележкой на это перемещение, учитывая, что отметчик наносит точки с интервалом 0,02 с.
- ❼ Повторите опыт три раза, записывая данные в таблицу:

№	Количество интервалов времени по 0,02 с, n	t, с	t_{cp} , с
1			
2			
3			

- ❽ Вычислите среднее время движения тележки.
- ❾ Вычислите ускорение тележки по формуле $\alpha = \frac{2S}{t_{cp}^2}$

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $\alpha = \frac{2S}{t_{cp}^2}$

3. Таблица

№	Количество интервалов времени по 0,02 с, n	t, с	t_{cp} , с
1	40	0,8	0,8
2	39	0,78	
3	41	0,82	

4. $\alpha = \frac{2 \times 0,25\text{m}}{(0,8\text{c})^2} = 0,78\text{m/c}^2$

Указание экспертам

Абсолютная погрешность в начале отсчета времени движения тележки определяется периодом ударов отметчика и составляет 0,02 с.

Абсолютная погрешность определения времени прохождения тележкой расстояния в 30 см также составляет 0,02 с.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения времени перемещения тележки равна 0,04 с.

Относительная погрешность измерения времени составит

$$\delta t = \frac{0,04\text{с}}{0,8\text{с}} = 5\%$$

Абсолютная погрешность определения расстояния определяется ценой деления рулетки и составляет 1 мм.

Относительная погрешность измерения расстояния составит

$$\delta S = \frac{1\text{мм}}{250\text{мм}} = 0,4\%$$

Тогда относительная погрешность измерения ускорения составит:

$$\delta a = 5,4\%.$$

Следовательно, абсолютная погрешность определения ускорения должна быть не более:

$$\delta a = 0,04 \text{ м/с}^2.$$

Это означает, что достоверным значением средней скорости может быть принято число, попадающее в интервал

$$a = (0,78 \pm 0,04) \text{ м/с}^2.$$

**Задание №2**

Используя электромагнитный отметчик, тележку, рельсовую направляющую, ступенчатую опору, соберите экспериментальную установку для изучения движения тележки по наклонной поверхности. Измерьте ускорение тележки при ее перемещении на 25 см вдоль поверхности рельсовой направляющей, один конец которой установлен на нижнюю ступень опоры.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Электромагнитный отметчик с периодом меток 0,02 с
3	Тележка
4	Рельсовая направляющая
5	Ступенчатая опора
6	Блок питания отметчика
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

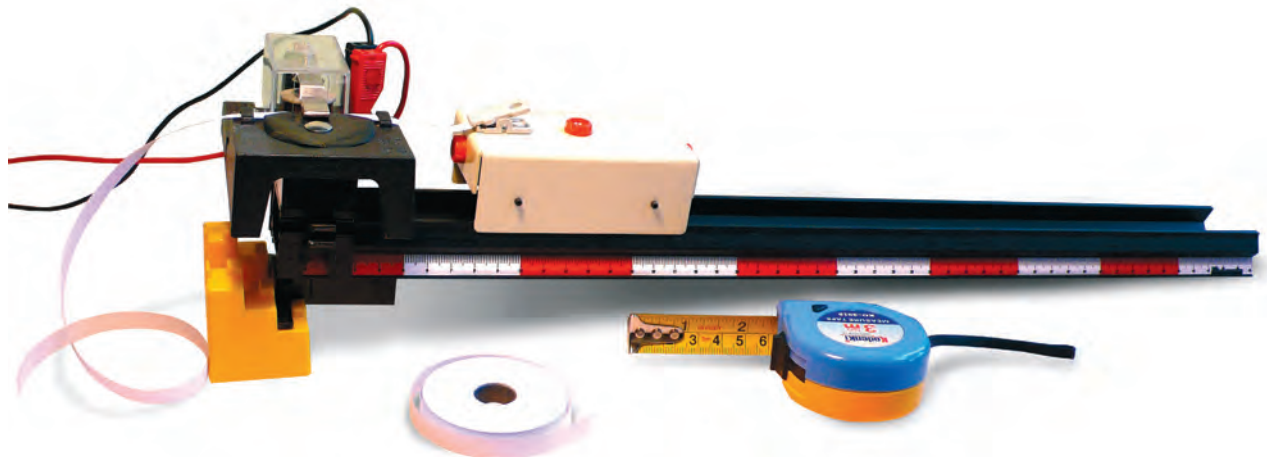
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета ускорения движения;
- 3) запишите результаты измерений времени перемещения тележки на 25 см, проведя три опыта, и найдите среднее значение времени;

4) запишите численное значение ускорения тележки.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Прикрепите к тележке отрезок бумажной ленты длиной 40 см.
- ❷ Соберите установку, как показано на рисунке.



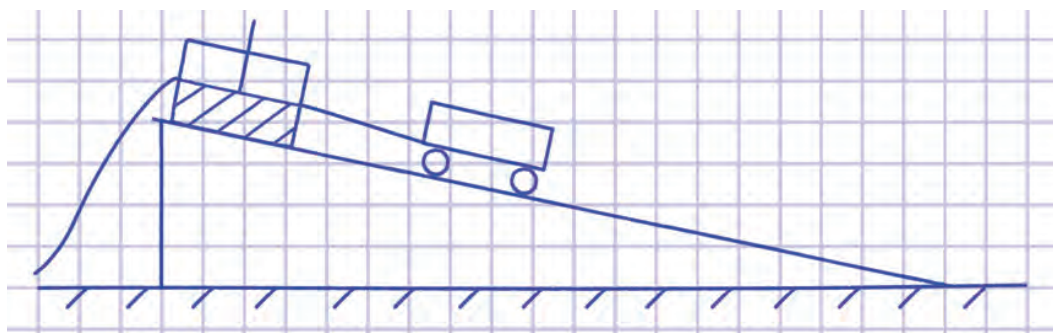
- ❸ Подключите датчик к блоку питания. Поместите на верхний конец наклонной направляющей тележку и заправьте ленту в пазы датчика.
- ❹ Удерживая тележку на месте, включите датчик. Отпустите тележку.
- ❺ Отмерьте на ленте от первой точки, нанесенной датчиком, отрезок $S = 25$ см и подсчитайте количество интервалов между точками на этом отрезке.
- ❻ Определите время, затраченное тележкой на это перемещение, учитывая, что датчик наносит точки с интервалом $0,02$ с.
- ❼ Повторите опыт три раза, записывая данные в таблицу:

№	Количество интервалов времени по $0,02$ с, n	t , с	$t_{\text{ср}}$, с
1			
2			
3			

- ❽ Вычислите среднее время движения тележки.
- ❾ Вычислите ускорение тележки по формуле $a = \frac{2S}{t_{\text{ср}}^2}$

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



$$2. \alpha = \frac{2S}{t_{\text{cp}}^2}$$

3. Таблица

№	Количество интервалов времени по 0,02 с, n	t, с	$t_{\text{cp}}, \text{с}$
1	56	1,12	1,12
2	57	1,14	
3	55	1,1	

$$4. \alpha = 2 \times \frac{0,25\text{м}}{(1,12)^2} = 0,4\text{м/с}^2$$

Указание экспертам

Абсолютная погрешность в начале отсчета времени движения тележки определяется периодом ударов отметчика и составляет 0,02 с.

Абсолютная погрешность определения времени прохождения тележкой расстояния в 30 см также составляет 0,02 с.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения времени перемещения тележки равна 0,04 с.

Относительная погрешность измерения времени составит

$$\delta t = \frac{0,04\text{с}}{1,12\text{с}} = 4\%$$

Абсолютная погрешность определения расстояния определяется ценой деления рулетки и составляет 1 мм.

Относительная погрешность измерения расстояния составит

$$\delta S = \frac{1\text{мм}}{250\text{мм}} = 0,4\%$$

Тогда относительная погрешность измерения ускорения составит:

$$\delta \alpha = 4,4\%.$$

Следовательно, абсолютная погрешность определения ускорения должна быть не более:

$$\Delta \alpha = 0,02 \text{ м/с}^2.$$

Это означает, что достоверным значением средней скорости может быть принято число, попадающее в интервал

$$\alpha = (0,4 \pm 0,02) \text{ м/с}^2.$$

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОТЫ СИЛЫ УПРУГОСТИ ПРИ ПОДЪЕМЕ ГРУЗА С ПОМОЩЬЮ ПОДВИЖНОГО БЛОКА

Цель опыта:

Определить работу силы упругости, измерив модуль силы и перемещение, совершенное под ее действием.



Задание №1

Используя штатив, подвижный блок, нить, четыре груза по 50 г, динамометр с пределом измерения 1,5 Н и рулетку, соберите экспериментальную установку и определите работу, совершаемую при равномерном подъеме груза с помощью подвижного блока на высоту 25 см.

Характеристика оборудования:

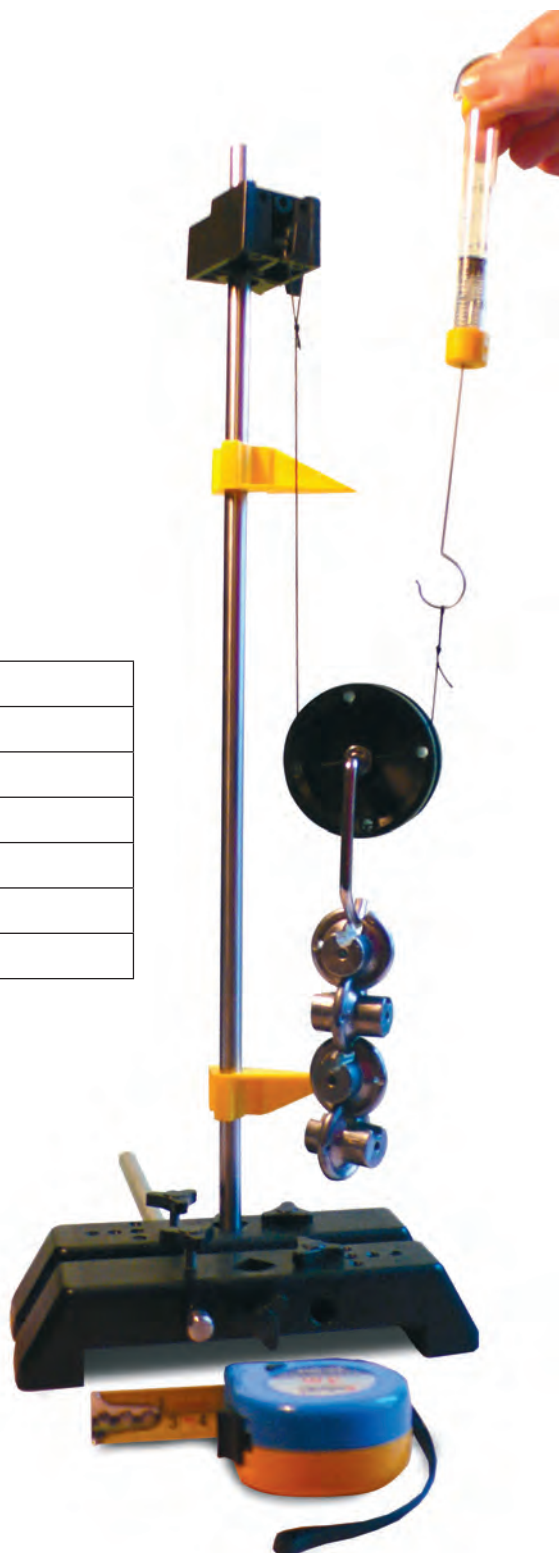
1	Штатив с набором деталей
2	Блок подвижный
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
4	Нить
5	Груз 4 × 50 г
6	Рулетка
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

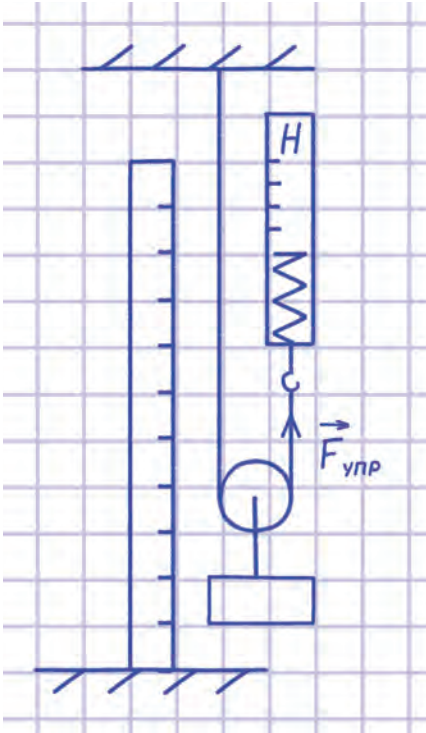
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы силы упругости;
- 3) запишите результаты измерений силы упругости и перемещения;
- 4) запишите численное значение работы силы упругости.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке. Прикрепите к стержню штатива указатели на расстоянии 25 см один от другого. Привяжите к штативу нить, перекиньте ее через блок и



- прикрепите к ее второму концу динамометр. К блоку подвесьте четыре груза.
- ② Потяните равномерно за динамометр так, чтобы груз переместился от нижнего указателя к верхнему на высоту $h = 25$ см.
 - ③ Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме груза $F_{\text{упр}}$.
 - ④ Вычислите значение работы силы упругости по формуле: $A = F_{\text{упр}} \cdot h$.



Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки

$$2. A = F_{\text{упр}} \cdot h$$

$$3. F_{\text{упр}} = 1,1 \text{ Н}; h = 0,25 \text{ м}$$

$$4. A = 1,1 \text{ Н} \times 0,25 \text{ м} \approx 0,28 \text{ Дж}$$

Указание экспертам:

Для измерения перемещения применяется рулетка с ценой деления 1 мм, следовательно, погрешность прямого измерения высоты составит $\Delta h = 1$ мм.

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,05 Н. Абсолютная погрешность в измерении силы упругости составит: $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05$ Н.

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta h = \frac{0,001 \text{ м}}{0,25 \text{ м}} \times 100\% = 0,4\%$$

$$\delta F = \frac{0,05 \text{ Н}}{1,1 \text{ Н}} \times 100\% = 4,5\%$$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,28 \pm 0,01) \text{ Дж}; \delta A \approx 5\%.$$

**Задание №2**

Используя штатив, подвижный блок, нить, три груза по 50 г, динамометр с пределом измерения 1,5 Н и рулетку, соберите экспериментальную установку и определите работу, совершаемую при равномерном подъеме груза с помощью подвижного блока на высоту 20 см.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Блок подвижный
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
4	Нить
5	Груз 3 × 50 г
6	Рулетка
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

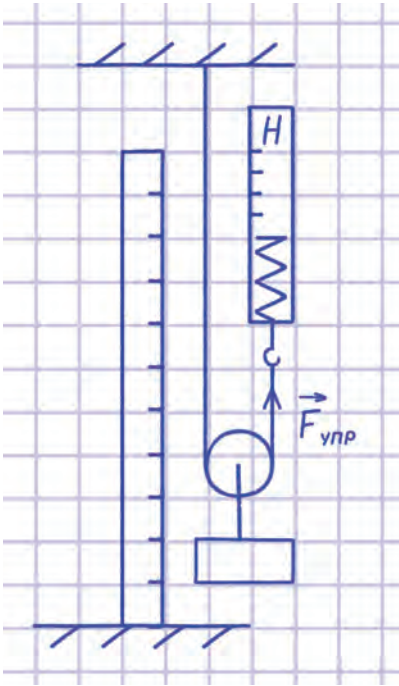
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы силы упругости;
- 3) запишите результаты измерений силы упругости и перемещения;
- 4) запишите численное значение работы силы упругости.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке. Прикрепите к стержню штатива указатели на расстоянии 20 см один от другого. Привяжите к штативу нить, перекиньте ее через блок и прикрепите к ее второму концу динамометр. К блоку подвесьте три груза.
- 2) Потяните равномерно за динамометр так, чтобы груз переместился от нижнего указателя к верхнему на высоту $h = 25$ см.
- 3) Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме груза $F_{\text{упр}}$.
- 4) Вычислите значение работы силы упругости по формуле: $A = F_{\text{упр}} \times h$.



**Образец возможного выполнения задания:**

1. Возможный вид рисунка установки
2. $A = F_{\text{упр}} \times h$
3. $F_{\text{упр}} = 0,95 \text{ Н}; h = 0,2 \text{ м}$
4. $A = 0,95 \text{ Н} \times 0,2 \text{ м} = 0,19 \text{ Дж}$

Указание экспертам:

Для измерения перемещения применяется рулетка с ценой деления 1 мм, следовательно, погрешность прямого измерения высоты составит $\Delta h = 1 \text{ мм}$.

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,05 Н. Абсолютная погрешность в измерении силы упругости составит: $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05 \text{ Н}$.

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta h = \frac{0,001 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} \times 100\% = 0,5\%$$

$$\delta F = \frac{0,05 \text{ Н}}{0,95 \text{ Н}} \times 100\% = 5,3\%$$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,19 \pm 0,02) \text{ Дж}; \delta A \approx 6\%.$$

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОТЫ СИЛЫ УПРУГОСТИ ПРИ ПОДЪЕМЕ ГРУЗА С ПОМОЩЬЮ НЕПОДВИЖНОГО БЛОКА

Цель опыта:

Определить работу силы упругости, измерив модуль силы и перемещение, совершенное под ее действием.



Задание №1

Используя штатив, неподвижный блок, нить, четыре груза по 50 г, динамометр с пределом измерения 3 Н и рулетку, соберите экспериментальную установку и определите работу, совершаемую при равномерном подъеме груза с помощью неподвижного блока на высоту 25 см.

Характеристика оборудования:

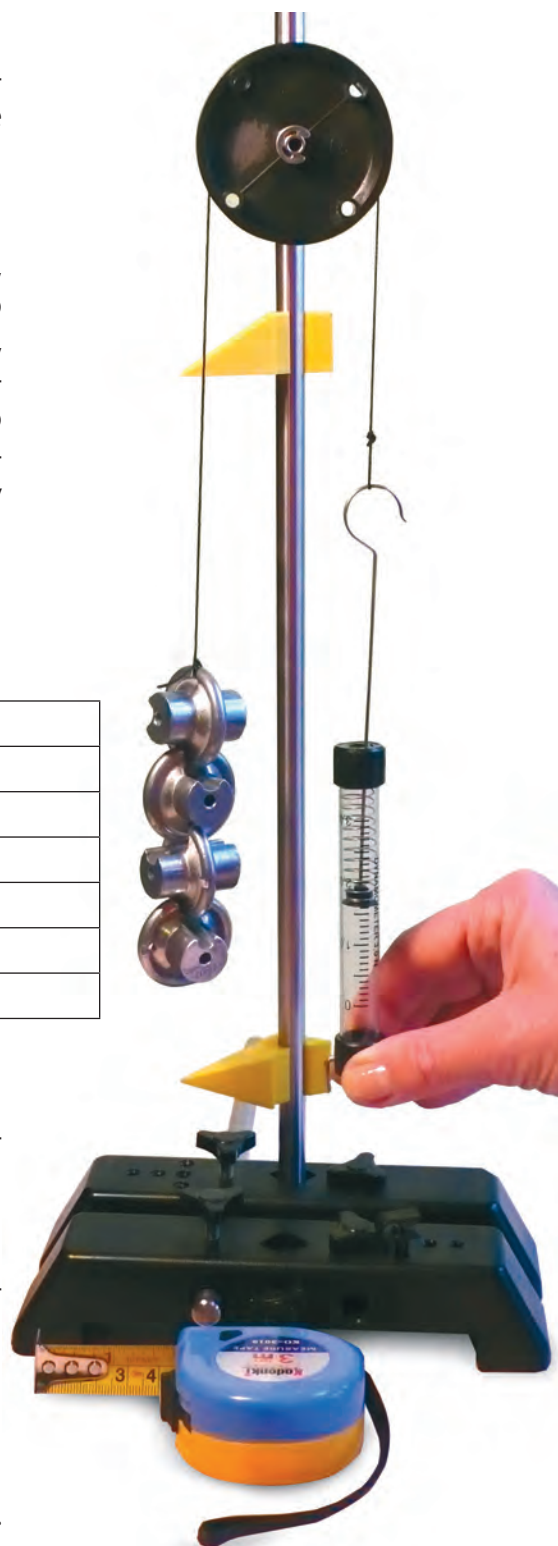
1	Штатив с набором деталей
2	Блок неподвижный
3	Динамометр с пределом измерения 3 Н
4	Нить
5	Груз 4 × 50 г
6	Рулетка
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы силы упругости;
- 3) запишите результаты измерений силы упругости и перемещения;
- 4) запишите численное значение работы силы упругости.

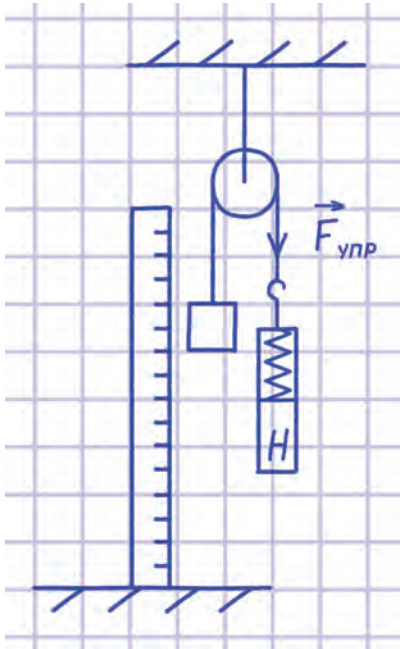
Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке. Закрепите неподвижный блок в штативе. Прикрепите к стержню штатива указатели на рас-



стоянии 25 см один от другого. Привяжите к грузу нить, перекиньте ее через блок и прикрепите к ее второму концу динамометр.

- ② Потяните равномерно за динамометр так, чтобы груз переместился от нижнего указателя к верхнему на высоту $h = 25$ см.
- ③ Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме груза $F_{\text{упр}}$.
- ④ Вычислите значение работы силы упругости по формуле: $A = F_{\text{упр}} \times h$.



Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки
2. $A = F_{\text{упр}} \times h$
3. $F_{\text{упр}} = 1,7$ Н; $h = 0,25$ м
4. $A = 1,7$ Н \times $0,25$ м $\approx 0,43$ Дж

Указание экспертам:

Для измерения перемещения применяется рулетка с ценой деления 1 мм, следовательно, погрешность прямого измерения высоты составит $\Delta h = 1$ мм.

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,1 Н. Абсолютная погрешность в измерении силы упругости составит:

$$\Delta F_{\text{упр}} = 0,1 \text{ Н.}$$

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta h = \frac{0,001 \text{ м}}{0,25 \text{ м}} \times 100\% = 0,4\%$$

$$\delta F = \frac{0,1 \text{ Н}}{1,7 \text{ Н}} \times 100\% \approx 6\%$$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,43 \pm 0,03) \text{ Дж}; \delta A = 6,4\%.$$

**Задание №2**

Используя штатив, неподвижный блок, нить, два груза по 50 г, динамометр с пределом измерения 1,5 Н и рулетку, соберите экспериментальную установку и определите работу, совершаемую при равномерном подъеме груза с помощью неподвижного блока на высоту 20 см.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Блок неподвижный
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
4	Нить
5	Груз 2×50 г
6	Рулетка
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

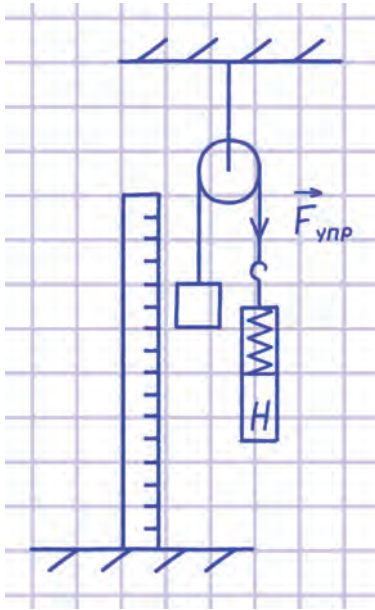
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы силы упругости;
- 3) запишите результаты измерений силы упругости и перемещения;
- 4) запишите численное значение работы силы упругости.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке. Закрепите неподвижный блок в штативе. Прикрепите к стержню штатива указатели на расстоянии 20 см один от другого. Привяжите к грузу нить, перекиньте ее через блок и прикрепите к ее второму концу динамометр.
- 2) равномерно за динамометр так, чтобы груз переместился от нижнего указателя к верхнему на высоту $h = 20$ см.
- 3) Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме груза $F_{\text{упр}}$.
- 4) Вычислите значение работы силы упругости по формуле: $A = F_{\text{упр}} \times h$.



**Образец возможного выполнения задания:**

1. Возможный вид рисунка установки
2. $A = F_{\text{упр}} \times h$
3. $F_{\text{упр}} = 0,95 \text{ Н}; h = 0,2 \text{ м}$
4. $A = 0,95 \text{ Н} \times 0,2 \text{ м} = 0,19 \text{ Дж}$

Указание экспертам:

Для измерения перемещения применяется рулетка с ценой деления 1 мм, следовательно, погрешность прямого измерения высоты составит $\Delta h = 1 \text{ мм}$.

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,05 Н. Абсолютная погрешность в измерении силы упругости составит: $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05 \text{ Н}$.

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta h = \frac{0,001 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} \times 100\% = 0,5\%$$

$$\delta F = \frac{0,05 \text{ Н}}{0,95 \text{ Н}} \times 100\% \approx 5,3\%$$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,19 \pm 0,01) \text{ Дж}; \delta A \approx 6\%.$$

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОТЫ СИЛЫ ТРЕНИЯ

Цель опыта:

Определить работу силы трения скольжения, измерив значение силы трения и перемещение тела.



Задание №1

Используя металлический брусок, две грани которого покрыты резиной, динамометр с пределом измерения 1,5 Н, линейку и лист бумаги, соберите экспериментальную установку и определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска на 20 см по горизонтально лежащему листу бумаги.

Характеристика оборудования:

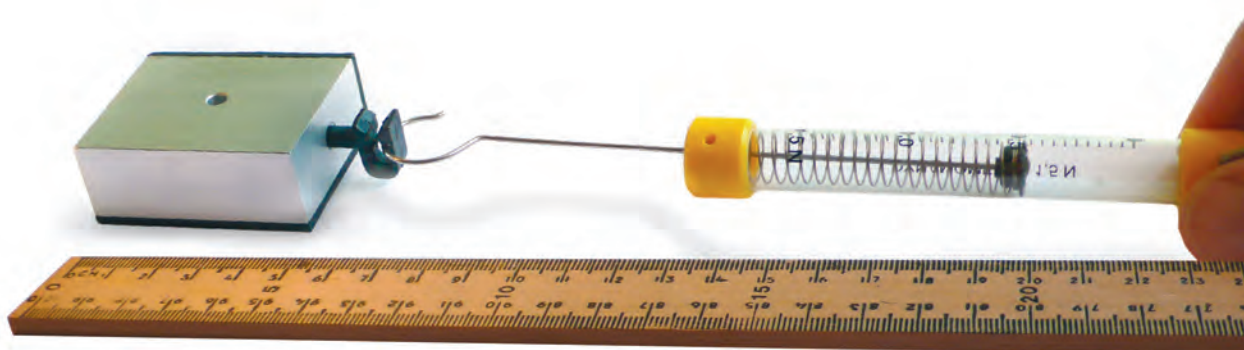
1	Металлический брусок, две поверхности которого покрыты резиной
2	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
3	Линейка с ценой деления 1 мм
4	Лист бумаги

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы силы трения;
- 3) запишите результаты измерений силы трения и перемещения;
- 4) запишите численное значение работы силы трения.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.
Положите на лист бумаги брусок широкой гранью с резиновой поверхностью вниз и прицепите к его крючку динамометр. Рядом с бруском положите линейку.
- 2) Удерживая динамометр строго горизонтально, переместите его вместе с бруском рав-

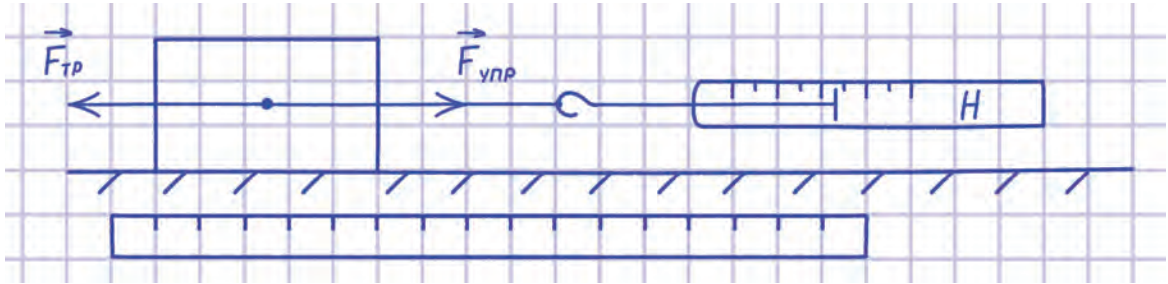


номерно на расстояние $S = 20$ см. Определите показание динамометра при равномерном движении бруска – $F_{\text{упр}}$.

3. Запишите значение силы трения: $|F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}|$.
4. Вычислите значение работы силы трения по формуле: $A = F_{\text{тр}} \times S$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $A = F_{\text{тр}} \times S$
3. $F_{\text{тр}} = 0,5$ Н; $S = 0,2$ м
4. $A = 0,5$ Н \times $0,2$ м = $0,1$ Дж

Указание экспертам:

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1 мм, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет $\Delta S = 1$ мм.

Сила трения определяется динамометром с ценой деления 0,05 Н, следовательно, абсолютная погрешность измерения силы составляет $\Delta F_{\text{тр}} = 0,05$ Н.

Относительные погрешности измерений перемещения и силы составляют:

$$\delta S = \frac{0,001 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} \times 100\% = 0,5\%$$

$$\delta F = \frac{0,05 \text{ Н}}{0,5 \text{ Н}} \times 100\% = 10\%$$

Отсюда значение работы может находиться в пределах

$$A = (0,1 \pm 0,01) \text{ Дж}; \delta A \approx 10\%.$$



Задание №2

Используя металлический брусок, две грани которого покрыты резиной, динамометр с пределом измерения 1,5 Н, линейку и лист бумаги, соберите экспериментальную установку и определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска на 15 см по горизонтально лежащему листу бумаги.

Характеристика оборудования:

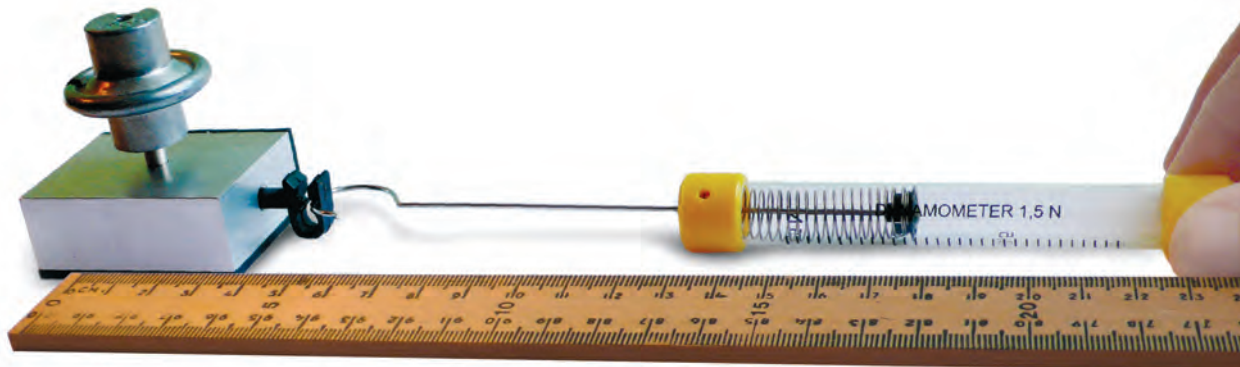
1	Металлический брусок, две поверхности которого покрыты резиной
2.	Груз 50 г
3	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
4	Линейка с ценой деления 1 мм
5	Лист бумаги

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы силы трения;
- 3) запишите результаты измерений силы трения и перемещения;
- 4) запишите численное значение работы силы трения.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.

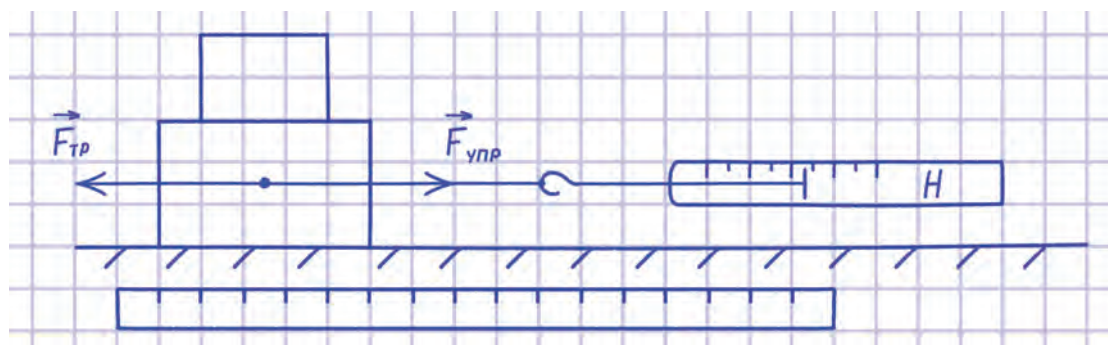


Положите на лист бумаги брусок широкой гранью с резиновой поверхностью вниз и прицепите к его крючку динамометр. Рядом с бруском положите линейку.

- ❷ Удерживая динамометр строго горизонтально, переместите его вместе с бруском равномерно на расстояние $S = 15$ см. Определите показание динамометра при равномерном движении бруска – $F_{\text{упр}}$.
- ❸ Запишите значение силы трения: $|F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}|$.
- ❹ Вычислите значение работы силы трения по формуле: $A = F_{\text{тр}} \times S$.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. $A = F_{\text{тр}} \times S$
3. $F_{\text{тр}} = 0,85$ Н; $S = 0,15$ м
4. $A = 0,85$ Н \times $0,15$ м = $0,13$ Дж

Указание экспертам

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1 мм, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет $\Delta S = 1$ мм.

Сила трения определяется динамометром с ценой деления 0,05 Н, следовательно, абсолютная погрешность измерения силы составляет $\Delta F_{\text{тр}} = 0,05$ Н.

Относительные погрешности измерений перемещения и силы составляют:

$$\delta S = \frac{0,001\text{ м}}{0,15\text{ м}} \times 100\% = 0,7\%$$

$$\delta F = \frac{0,05\text{ Н}}{0,85\text{ Н}} \times 100\% = 5,9\%$$

Отсюда значение работы может находиться в пределах

$$A = (0,13 \pm 0,01) \text{ Дж}; \delta A \approx 6,6\%$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА НА НИТИ



Цель опыта:

Определить частоту колебания, измерив время, за которое тело совершит известное число колебаний.



Задание №1

Используя штатив, шарик с крючком на нити и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний маятника на нити длиной 0,5 м. Определите его частоту, измерив время тридцати полных колебаний.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Шарик с крючком
3	Нить
4	Рулетка
5	Секундомер

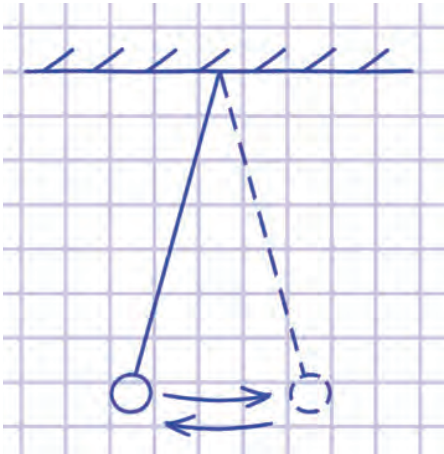
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) запишите результаты измерений числа колебаний и времени, за которое они совершатся;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке. Маятник подвесьте к штативу так, чтобы расстояние от точки подвеса до центра шарика составило 0,5 м.
- ❷ Измерьте время 30 полных колебаний шарика.
- ❸ Вычислите частоту колебаний по формуле:

$$\nu = N/t.$$

**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки
2. $v = N/t$
3. $t = 44$ с; $N = 30$
4. $v = 0,68$ Гц

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность времени равна $\Delta t = \pm 0,4$ с.

Следовательно, измерение времени колебаний можно считать верным, если его значение попадет в интервал

$$t = (44 \pm 0,4) \text{ с.}$$

Следовательно, значение частоты маятника может находиться в пределах:

$$v = (0,68 \pm 0,01) \text{ Гц.}$$

**Задание №2**

Используя штатив, шарик с крючком на нити и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний маятника на нити длиной 1 м. Определите его частоту, измерив время тридцати полных колебаний.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Шарик с крючком
3	Нить
4	Рулетка
5	Секундомер

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) запишите результаты измерений числа колебаний и времени, за которое они совершатся;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Порядок выполнения задания:

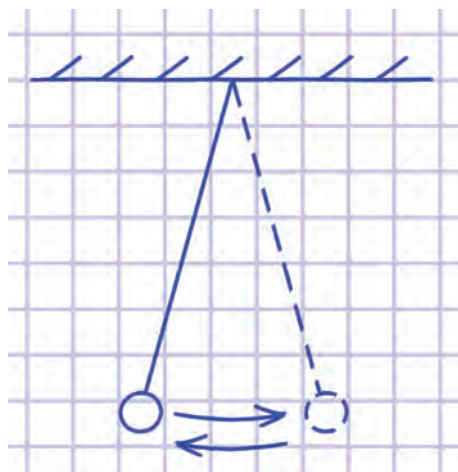
- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке. Маятник подвесьте к штативу так, чтобы расстояние от точки подвеса до центра шарика составило 1 м.



- 2. Измерьте время 30 полных колебаний шарика.
- 3. Вычислите частоту колебаний по формуле: $\nu = N/t$.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. $\nu = N/t$
3. $t = 60 \text{ с}; N = 30$
4. $\nu = 0,5 \text{ Гц}$

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с.

Тогда относительная погрешность времени равна

$$\Delta t = \pm 0,4 \text{ с.}$$

Следовательно, измерение времени колебаний можно считать верным, если его значение попадет в интервал

$$t = (60 \pm 0,4) \text{ с.}$$

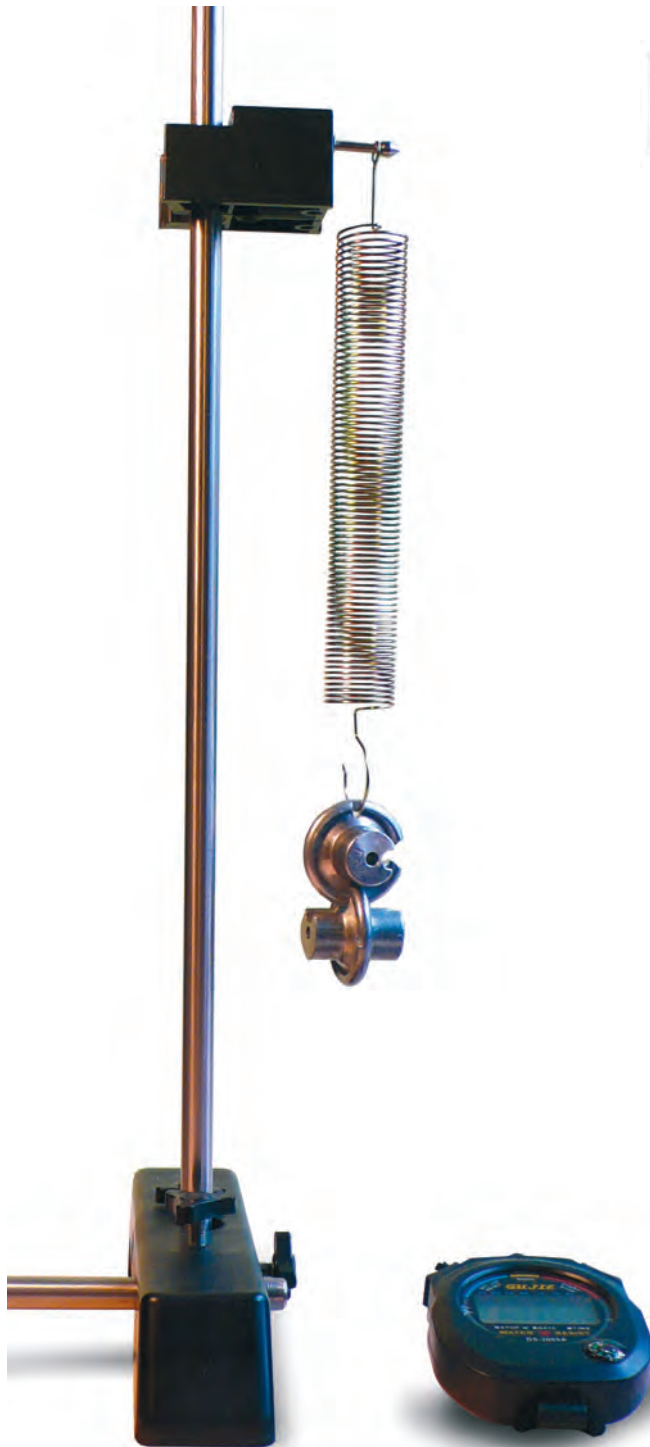
Следовательно, значение частоты маятника может находиться в пределах:

$$\nu = (0,5 \pm 0,01) \text{ Гц.}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА НА ПРУЖИНЕ

Цель опыта:

Определить частоту колебания маятника, измерив время, за которое он совершит известное число колебаний.



Задание №1

Используя штатив, груз на пружине жесткостью 10 Н/м и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний пружинного маятника. Определите его частоту, измерив время тридцати полных колебаний.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Груз 2 × 50 г
3	Пружина жесткостью 10 Н/м
4	Секундомер

В бланке ответов:

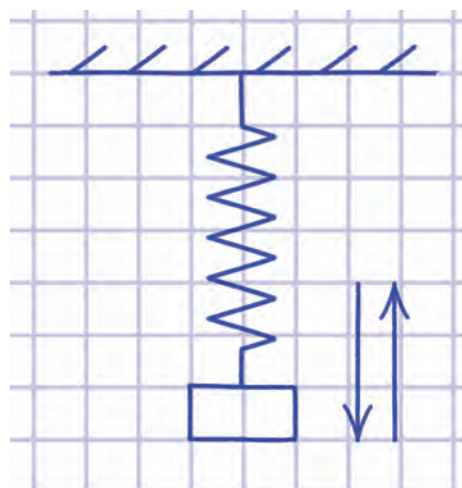
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) запишите результаты измерений числа колебаний и времени, за которое они совершатся;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте время 30 полных колебаний шарика.
- ❸ Вычислите частоту колебаний по формуле: $\nu = N/t$.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. $\nu = N/t$
3. $t = 17,7$ с; $N = 30$
4. $\nu = 1,7$ Гц

**Указание экспертам**

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность времени равна $\Delta t = \pm 0,4$ с.

Следовательно, измерение времени колебаний можно считать верным, если его значение попадет в интервал

$$t = (17,7 \pm 0,4) \text{ с.}$$

Следовательно, значение частоты маятника может находиться в пределах:

$$\nu = (1,7 \pm 0,04) \text{ Гц.}$$

**Задание №2**

Используя штатив, груз на пружине жесткостью 25 Н/м и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний пружинного маятника. Определите его частоту, измерив время тридцати полных колебаний.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Груз 3×50 г
3	Пружина жесткостью 25 Н/м
4	Секундомер

В бланке ответов:

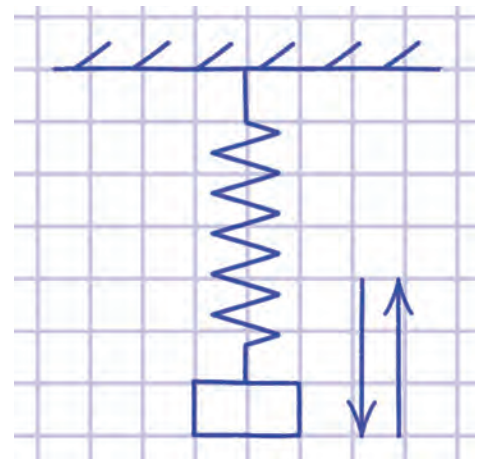
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- 3) запишите результаты измерений числа колебаний и времени, за которое они совершатся;
- 4) запишите численное значение частоты колебаний маятника.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте время 30 полных колебаний шарика.
- ❸ Вычислите частоту колебаний по формуле: $\nu = N/t$.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. $\nu = N/t$
3. $t = 16 \text{ с}; N = 30$
4. $\nu = 1,88 \text{ Гц}$

**Указание экспертам**

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность времени равна

$$\Delta t = \pm 0,4 \text{ с.}$$

Следовательно, измерение времени колебаний можно считать верным, если его значение попадет в интервал

$$t = (16 \pm 0,4) \text{ с.}$$

Следовательно, значение частоты маятника может находиться в пределах:

$$\nu = (1,88 \pm 0,05) \text{ Гц.}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ

Цель опыта:

Определить относительную влажность воздуха с помощью двух термометров и психрометрической таблицы.



Задание

Используя два термометра, стакан с водой и кусок марли, соберите экспериментальную установку и измерьте относительную влажность воздуха, используя психрометрическую таблицу.

Характеристика оборудования:

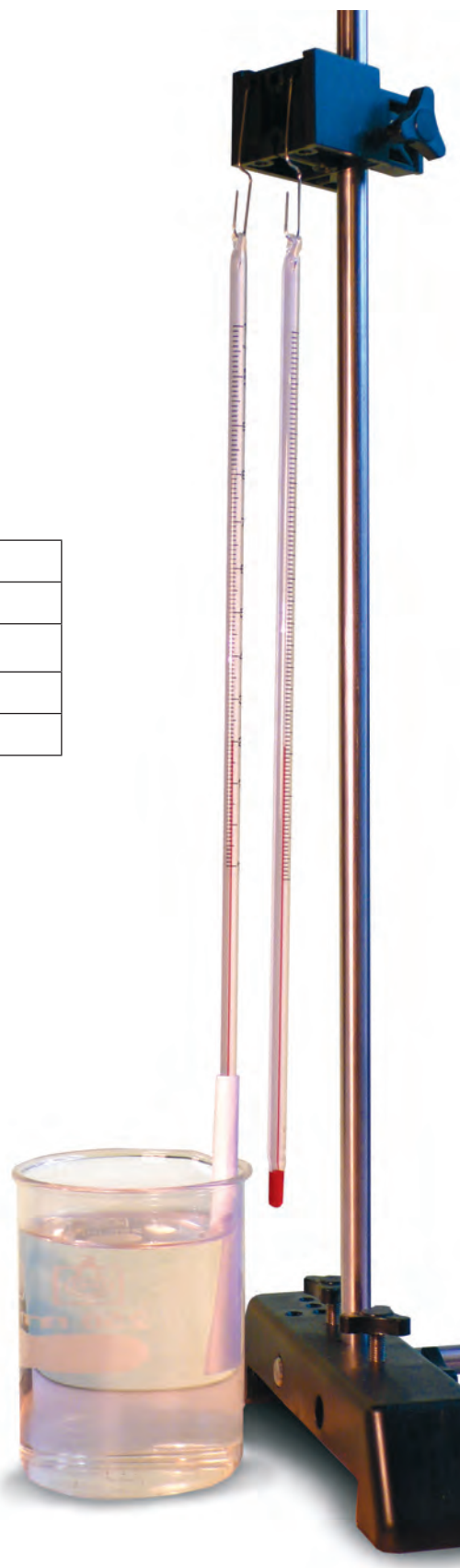
1	Штатив с набором деталей
2	Термометр с ценой деления 1°C - 2 шт
3	Кусок марли
4	Стакан с водой комнатной температуры
5	Психрометрическая таблица

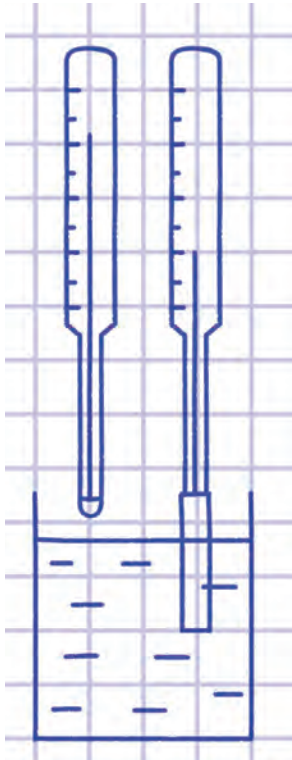
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) представьте показания сухого и влажного термометров;
- 3) определите с помощью психрометрической таблицы и запишите значение относительной влажности воздуха.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке. Намотайте на нижний кончик одного из термометров кусок марли и закрепите его ниткой. Подвесьте термометр к штативу и установите под ним стакан с водой. Отрегулируйте высоту крепления термометра так, чтобы марля смачивалась водой, а его резервуар с подкрашенной жидкостью оставался над водой. Рядом со стаканом подвесьте второй термометр.





- ② Определите значение температуры по шкале «влажного» термометра после того, как его показания перестанут уменьшаться.
- ③ Определите по шкале «сухого» термометра температуру воздуха в помещении.
- ④ Вычислите значение разности показаний «сухого» и «влажного» термометров.
- ⑤ Определите по психрометрической таблице относительную влажность воздуха.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. Показание «влажного» термометра $t_{\text{вл}} = 19^{\circ}\text{C}$
3. Показание «сухого» термометра $t_{\text{сух}} = 22^{\circ}\text{C}$
4. Разность температур $\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$
5. Относительная влажность $\varphi = 75\%$

Указание экспертам

Для измерения температур использовались термометры с ценой деления 1°C . При этом абсолютная погрешность измерения температуры составляет $\pm 1^{\circ}\text{C}$, а абсолютная погрешность разности двух значений температуры – $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

С учетом данных психрометрической таблицы значение относительной влажности воздуха при проведении эксперимента может находиться в границах от 92% до 60%.

Показания сухого термометра	Разность показаний сухого и влажного термометров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30

Для проверки правильности измерения эксперт определяет относительную влажность гигрометром, показания которого должны находиться внутри указанного интервала значений.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ТЕПЛООБМЕНЕ

Цель опыта:

Определить количество теплоты, полученное водой от нагретого тела.



Задание

Используя калориметр с водой, термометр и нагретый алюминиевый брусок, соберите экспериментальную установку и определите количество теплоты, полученное водой от бруска в результате теплообмена.

Примечание: нагретый до температуры кипящей воды брусок в калориметр помещает организатор эксперимента.

Характеристика оборудования:

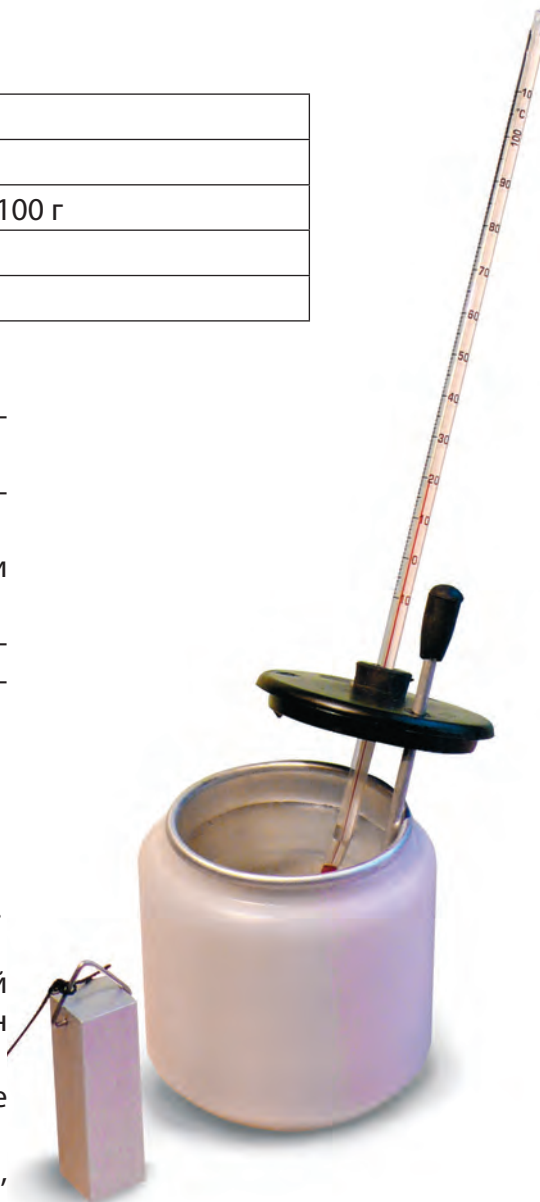
1	Калориметр с крышкой
2	Термометр с ценой деления 1°C
3	Холодная вода в калориметре в количестве 100 г
4	Цилиндр мерный с ценой деления 2 мл
5	Алюминиевый брусок на нити

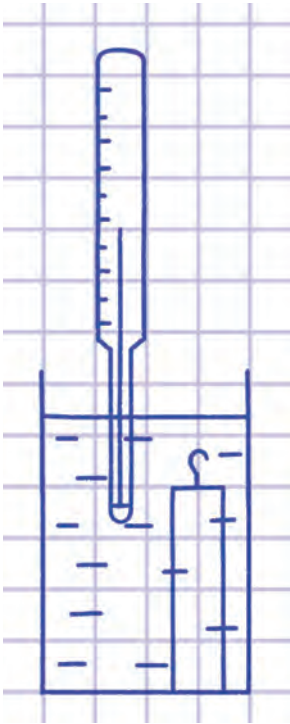
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета количества теплоты;
- 3) укажите результаты измерений начальной и конечной температуры воды в калориметре;
- 4) запишите значение количества теплоты, которое получила вода в калориметре при погружении в нее нагретого бруска.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.
- 2) Налейте в калориметр 150 мл холодной воды.
- 3) Измерьте температуру воды в калориметре.
- 4) Поместите в калориметр брусок, нагретый предварительно в кипящей воде, чтобы он оказался полностью погруженным в воду.
- 5) Измерьте конечную температуру воды после завершения теплообмена.
- 6) Вычислите и запишите количество теплоты, полученное водой от бруска.





Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. $Q = c m_b (t - t_x)$
3. Температура холодной воды в калориметре $t_x = 23^\circ\text{C}$
4. Температура воды после теплообмена $t = 29^\circ\text{C}$
5. Количество теплоты, полученное водой:

$$Q = 4200(\text{Дж/кг } ^\circ\text{C}) \times 0,15 \text{ кг} \times (29^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}) = 3780 \text{ Дж}$$

Указание экспертам

Для измерения температур использовались термометры с ценой деления 1°C . При этом абсолютная погрешность измерения температуры составляет $\pm 1^\circ\text{C}$, а абсолютная погрешность разности двух значений температуры – $\pm 2^\circ\text{C}$.

Цена деления мерного цилиндра составляет 2 мл.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения массы воды в калориметре составит ± 2 г.

Абсолютная погрешность значения Q может быть определена методом границ:

Верхняя граница значения количества теплоты составит:

$$Q_{\text{вг}} = c m_{\text{вг}} \times (t - t_x)_{\text{вг}} = 4200(\text{Дж/кг } ^\circ\text{C}) \times 0,152 \text{ кг} \times 8^\circ\text{C} = 5107 \text{ Дж}$$

Нижняя граница значения количества теплоты составит:

$$Q_{\text{нг}} = c m_{\text{нг}} \times (t - t_x)_{\text{нг}} = 4200 (\text{Дж/кг } ^\circ\text{C}) \times 0,148\text{кг} \times 4^\circ\text{C} = 2486 \text{ Дж,}$$

отсюда

$$\Delta Q = (Q_{\text{вг}} - Q_{\text{нг}})/2 = 1310 \text{ Дж и } \delta Q \approx 35\%.$$

ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Цель опыта:

Определить мощность электрического тока, протекающего через резистор, измерив приложенное к нему напряжение и силу тока в цепи.



Задание №1

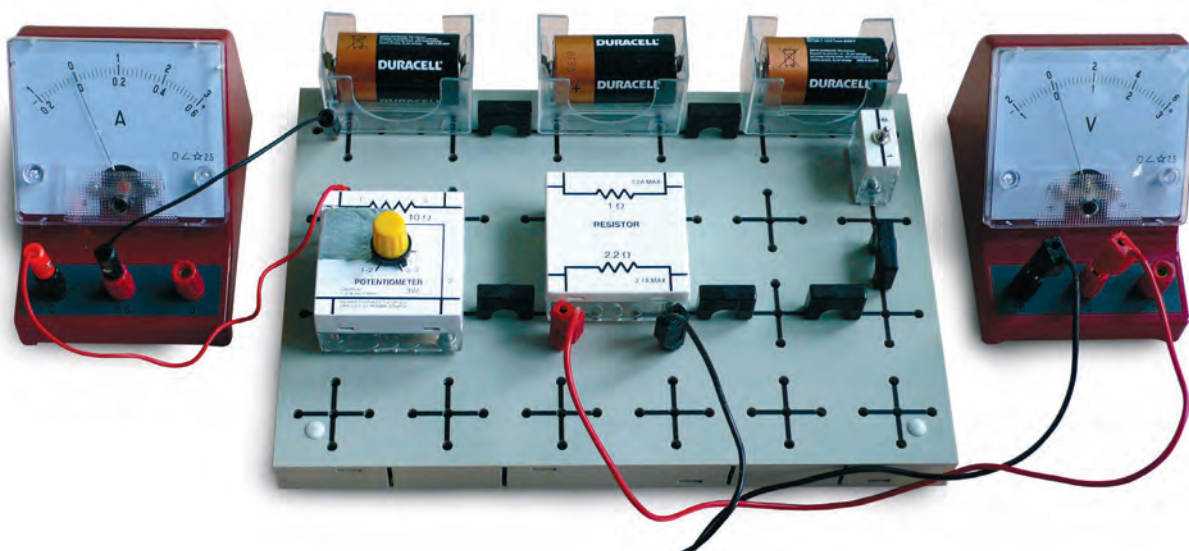
Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения $-1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 4,7 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте мощность электрического тока, выделяемую в резисторе.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор 4,7 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;



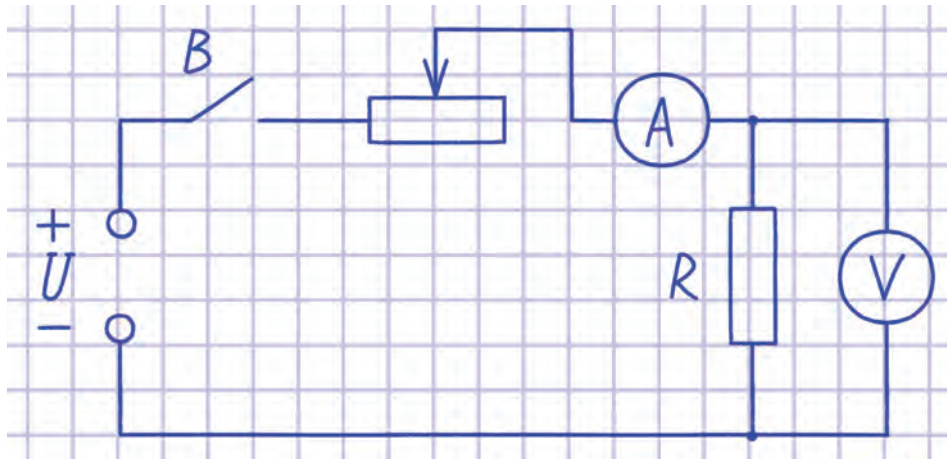
- 2) запишите формулу для расчета мощности постоянного тока;
- 3) укажите результаты измерения напряжения на резисторе при силе тока в нем 0,5 А;
- 4) запишите значение мощности электрического тока.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи 0,5 А.
- ❸ Измерьте и запишите значение напряжения на резисторе U .
- ❹ Вычислите значение мощности, которую выделяет электрический ток по формуле:
 $P = IU$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. $P = IU$
3. $U = 2,3 \text{ В}; I = 0,5 \text{ А}$
4. $P = 0,5 \text{ А} \times 2,3 \text{ В} = 1,15 \text{ Вт}$

Указание экспертам:

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей, использованных измерительных приборов:

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром – $\pm 0,03 \text{ А}$;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром – $\pm 0,15 \text{ В}$;

Тогда нижняя граница значения мощности тока

$$P_{\text{нг}} = I_{\text{нг}} \times U_{\text{нг}} = 0,47 \text{ А} \times 2,15 \text{ В} \approx 1 \text{ Вт};$$

Верхняя граница значения мощности тока

$$P_{\text{вг}} = I_{\text{вг}} \times U_{\text{вг}} = 0,53 \text{ А} \times 2,45 \text{ В} \approx 1,3 \text{ Вт}.$$

**Задание №2**

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения – $1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения – $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 5,6 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте мощность электрического тока, выделяемую в резисторе.

Характеристика оборудования:

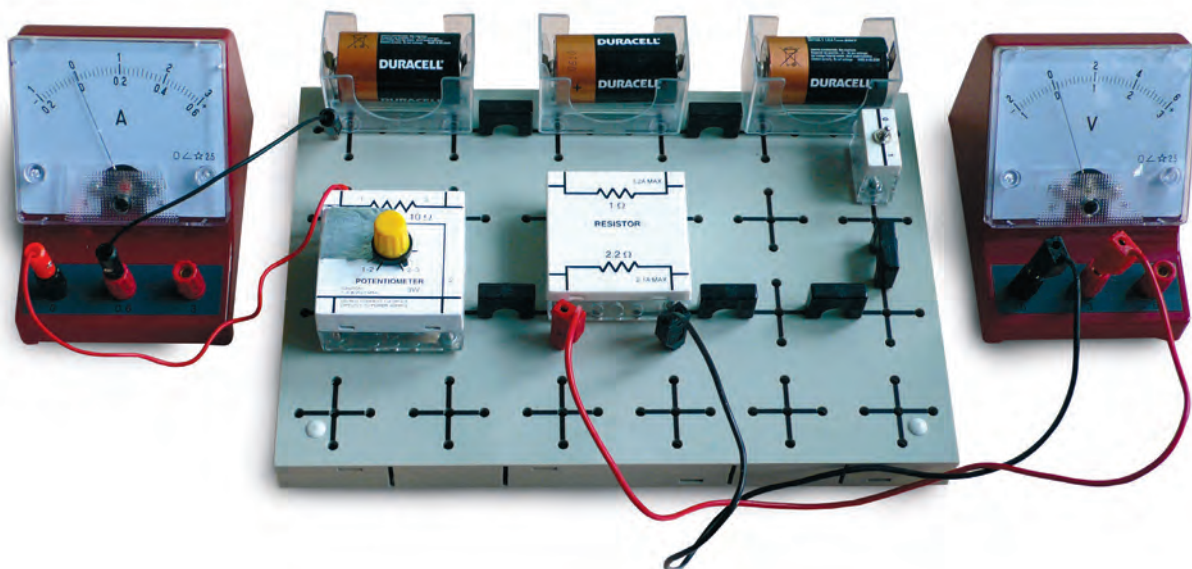
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами – $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами – $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор 5,6 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета мощности постоянного тока;
- 3) укажите результаты измерения напряжения на резисторе при силе тока в нем 0,4 А;
- 4) запишите значение мощности электрического тока.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.

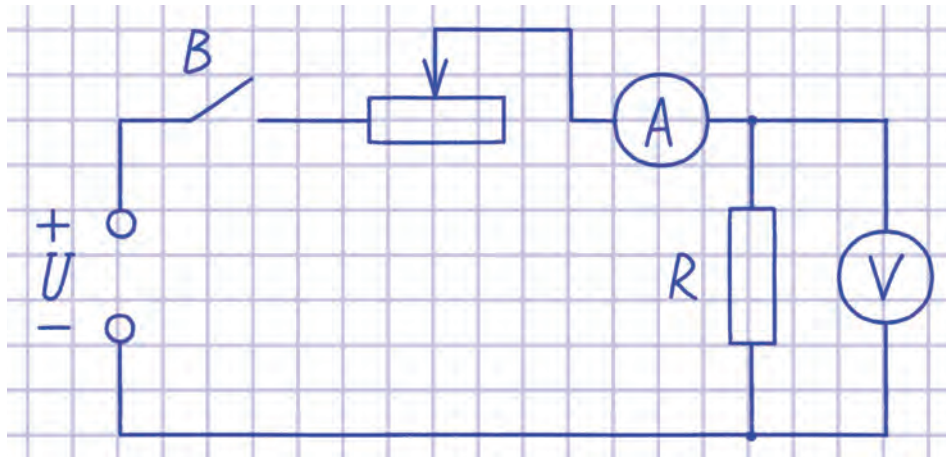


- 2) Установите реостатом силу тока в цепи 0,4 А.
- 3) Измерьте и запишите значение напряжения на резисторе U .

4. Вычислите значение мощности, которую выделяет электрический ток по формуле:
 $P = IU$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. $P = IU$
 3. $U = 2,2 \text{ В}; I = 0,4 \text{ А}$
 4. $P = 0,4 \text{ А} \times 2,2 \text{ В} = 0,88 \text{ Вт}$

Указание экспертам:

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей, использованных измерительных приборов:

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром – $\pm 0,03 \text{ А}$;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром – $\pm 0,15 \text{ В}$;

Тогда нижняя граница значения мощности тока

$$P_{\text{нг}} = I_{\text{нг}} \times U_{\text{нг}} = 0,37 \text{ А} \times 2,05 \text{ В} \approx 0,7 \text{ Вт};$$

Верхняя граница значения мощности тока

$$P_{\text{вг}} = I_{\text{вг}} \times U_{\text{вг}} = 0,43 \text{ А} \times 2,35 \text{ В} \approx 1 \text{ Вт}.$$

ИЗМЕРЕНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Цель опыта:

Определить работу электрического тока, протекающего через резистор в течение заданного времени, измерив приложенное к нему напряжение и силу тока в цепи.



Задание №1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения - $2 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения - $1 \div 0 \div 3$ А, резистор 2,2 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте работу электрического тока в резисторе за 3 минуты.

Характеристика оборудования:

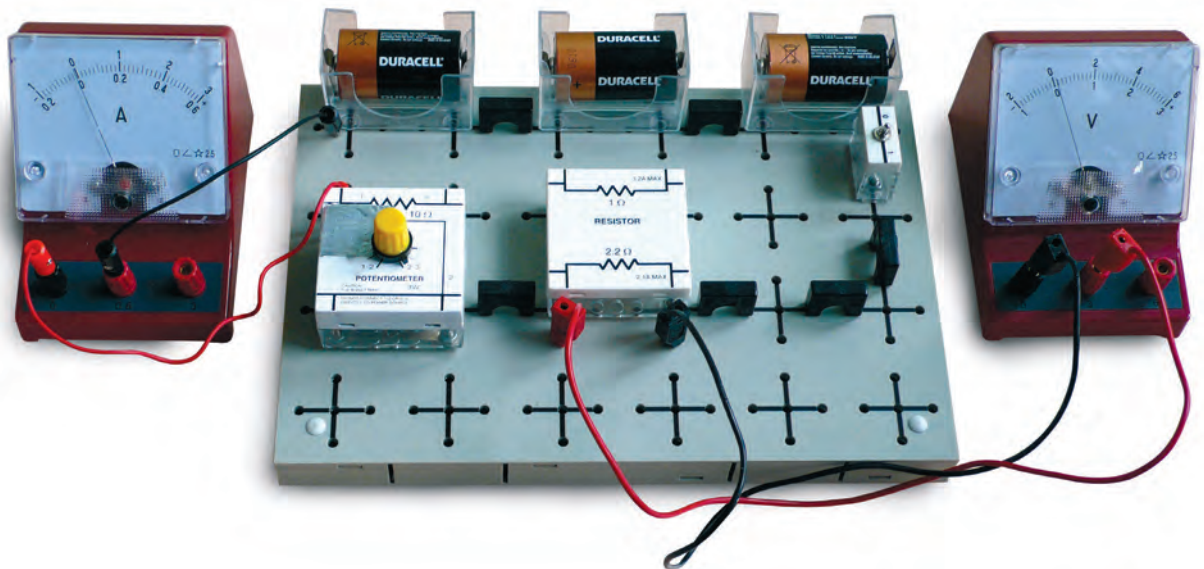
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ А
4	Вольтметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор 2,2 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы постоянного тока;
- 3) укажите результаты измерения напряжения на резисторе при силе тока в нем 0,5 А;
- 4) запишите значение работы тока.

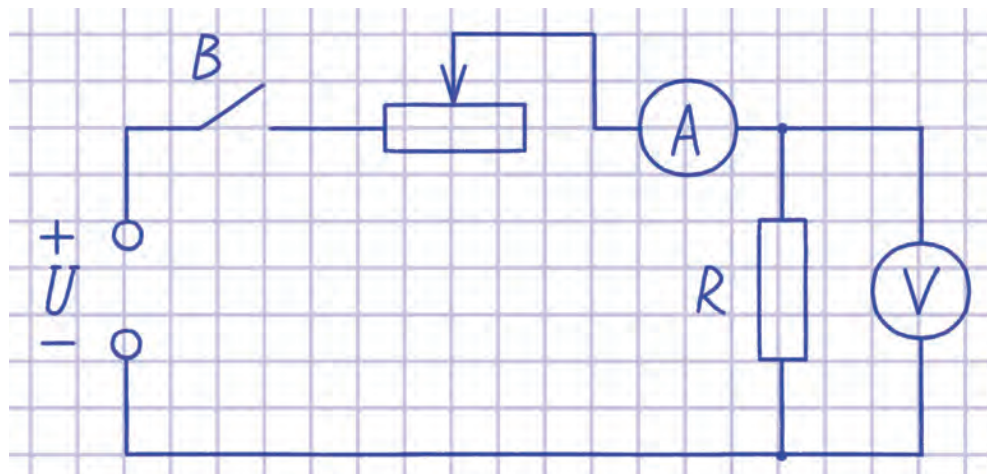
Порядок выполнения задания:

1. Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
2. Установите реостатом силу тока в цепи 0,5 А.
3. Измерьте и запишите значение напряжения на резисторе U .
4. Вычислите значение работы, которую совершает электрический ток за время $t = 3$ мин по формуле: $A = IUt$.



Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. $A = IUt$
3. $U = 1,1 \text{ В}; I = 0,5 \text{ А}; t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с}$
4. $A = 0,5 \text{ А} \times 1,1 \text{ В} \times 180 \text{ с} = 99 \text{ Дж}$

Указание экспертам:

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей, использованных измерительных приборов:

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром – $\pm 0,15 \text{ А}$;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром – $\pm 0,15 \text{ В}$;

Тогда нижняя граница значения работы тока

$$A_{\text{нр}} = I_{\text{нр}} \times U_{\text{нр}} \times t = 0,35 \text{ А} \times 0,95 \text{ В} \times 180 \text{ с} \approx 59 \text{ Дж};$$

Верхняя граница значения работы тока

$$A_{\text{вр}} = I_{\text{вр}} \times U_{\text{вр}} \times t = 0,65 \text{ А} \times 1,25 \text{ В} \times 180 \text{ с} \approx 147 \text{ Дж}.$$

**Задание №2**

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный) вольтметр с пределами измерения - $2 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 2,2 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте работу электрического тока в резисторе за 5 минут.

Характеристика оборудования:

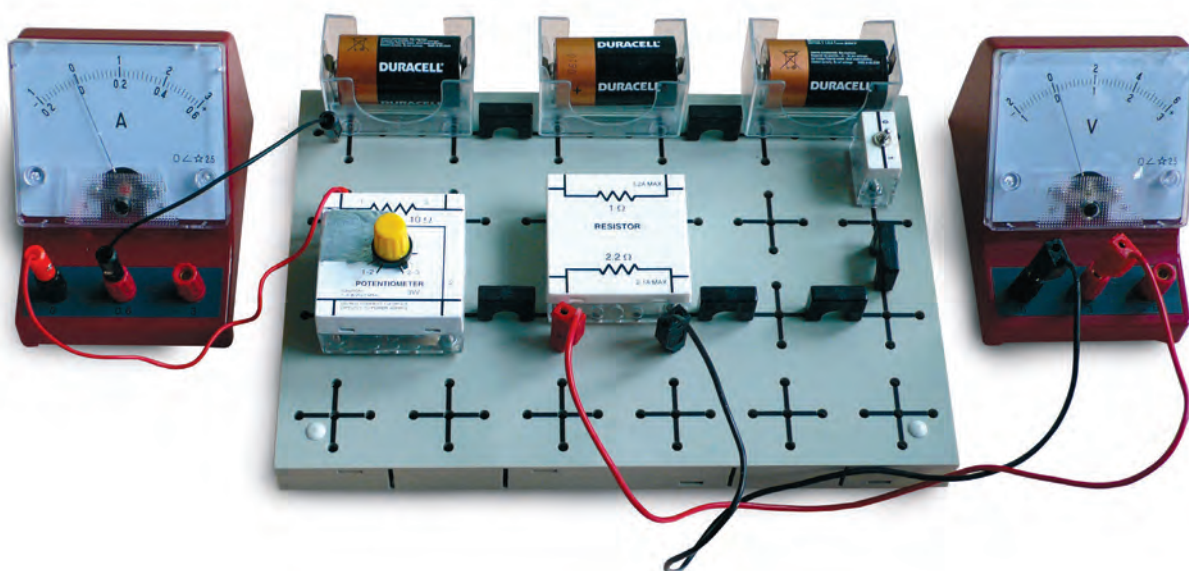
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор 2,2 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета работы постоянного тока;
- 3) укажите результаты измерения напряжения на резисторе при силе тока в нем 0,5 А;
- 4) запишите значение работы тока.

Порядок выполнения задания:

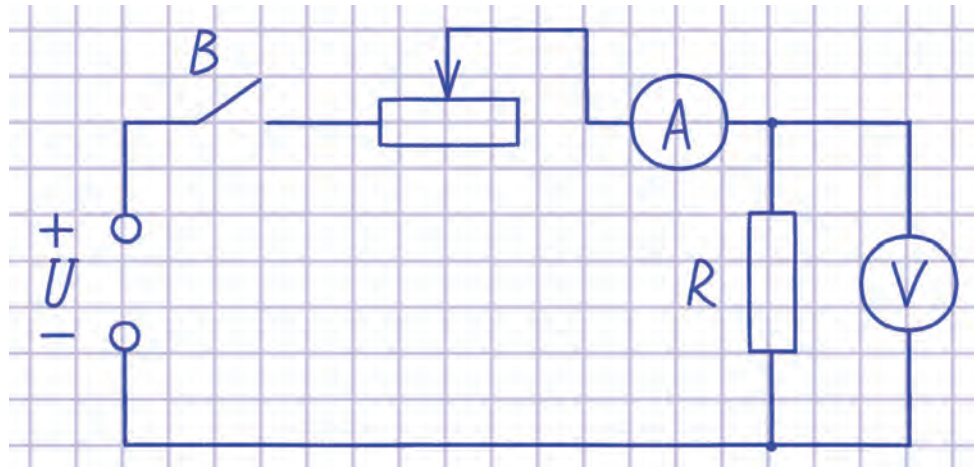
- 1) Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.



- 2) Установите реостатом силу тока в цепи 0,4 А.
- 3) Измерьте и запишите значение напряжения на резисторе U .
- 4) Вычислите значение работы, которую совершает электрический ток за время $t = 5$ мин по формуле: $A = IUt$.

Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. $A = IUt$

3. $U = 0,9 \text{ В}; I = 0,4 \text{ А}; t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$

4. $A = 0,4 \text{ А} \times 0,9 \text{ В} \times 300 \text{ с} = 108 \text{ Дж}$

Указание экспертам:

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей, использованных измерительных приборов:

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром – $\pm 0,03 \text{ А}$;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром – $\pm 0,15 \text{ В}$;

Тогда нижняя граница значения работы тока

$$A_{\text{нг}} = I_{\text{нг}} \times U_{\text{нг}} \times t = 0,37 \text{ А} \times 0,75 \text{ В} \times 300 \text{ с} \approx 83 \text{ Дж};$$

Верхняя граница значения работы тока

$$A_{\text{вг}} = I_{\text{вг}} \times U_{\text{вг}} \times t = 0,43 \text{ А} \times 1,05 \text{ В} \times 300 \text{ с} \approx 136 \text{ Дж}.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИСТОРА

Цель опыта:

Определить значение электрического сопротивления резистора, измерив приложенное к нему напряжение и силу тока в цепи.



Задание №1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения - $1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 2,2 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте сопротивление резистора электрическому току.

Характеристика оборудования:

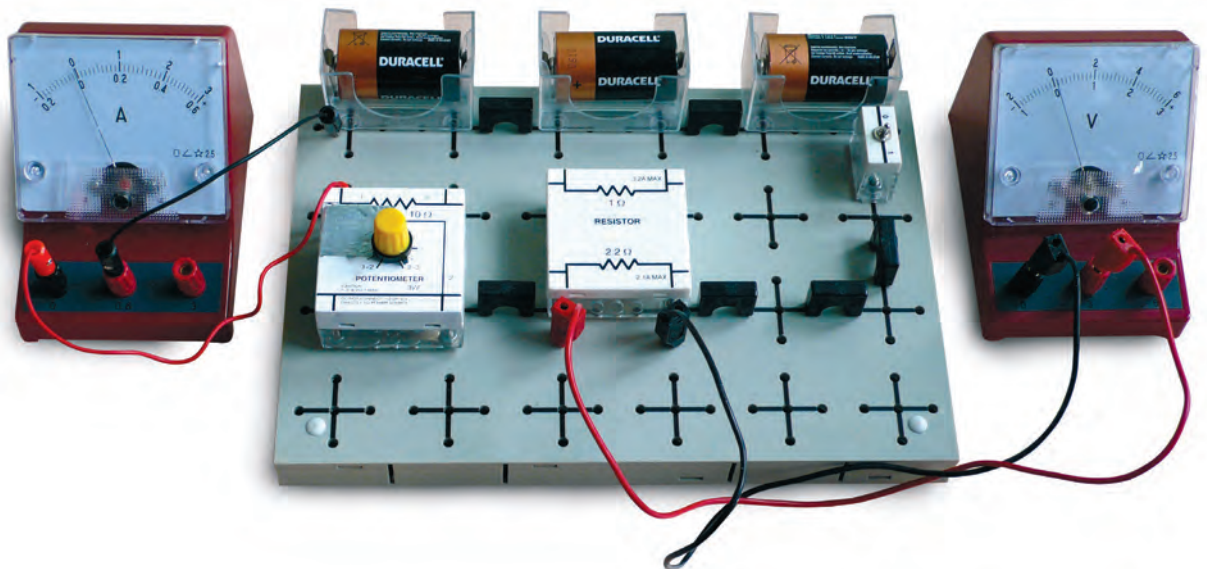
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор 2,2 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета сопротивления резистора;
- 3) укажите результат измерения напряжения на резисторе при силе тока в нем 0,4А;
- 4) запишите значение сопротивления резистора.

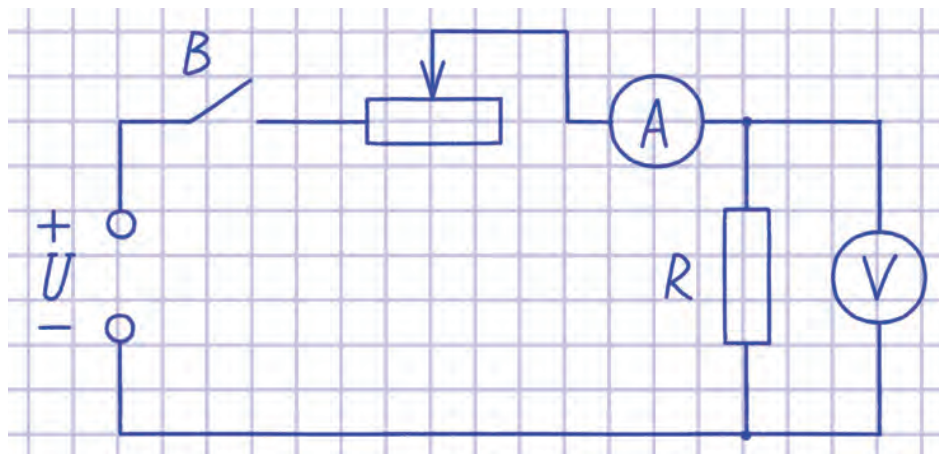
Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи 0,4 А.
- ❸ Измерьте и запишите значение напряжения на резисторе U .
- ❹ Вычислите значение сопротивления резистора по формуле: $R = U/I$.



Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $R = U/I$

3. $U = 0,9 \text{ В}; I = 0,4 \text{ А}$.

4. $R = \frac{0,9 \text{ В}}{0,4 \text{ А}} = 2,3 \text{ Ом}$

Указание экспертам:

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей, использованных измерительных приборов:

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром – $\pm 0,03 \text{ А}$;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром – $\pm 0,15 \text{ В}$;

Тогда нижняя граница значения сопротивления резистора

$$R_{\text{НГ}} = \frac{U_{\text{НГ}}}{I_{\text{НГ}}} = \frac{0,75 \text{ В}}{0,37 \text{ А}} \approx 2 \text{ Ом}$$

Верхняя граница значения сопротивления резистора

$$R_{\text{ВГ}} = \frac{U_{\text{ВГ}}}{I_{\text{ВГ}}} = \frac{1,05 \text{ В}}{0,43 \text{ А}} \approx 2,5 \text{ Ом}$$

**Задание №2**

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения - $1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 4,7 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте сопротивление резистора электрическому току.

Характеристика оборудования:

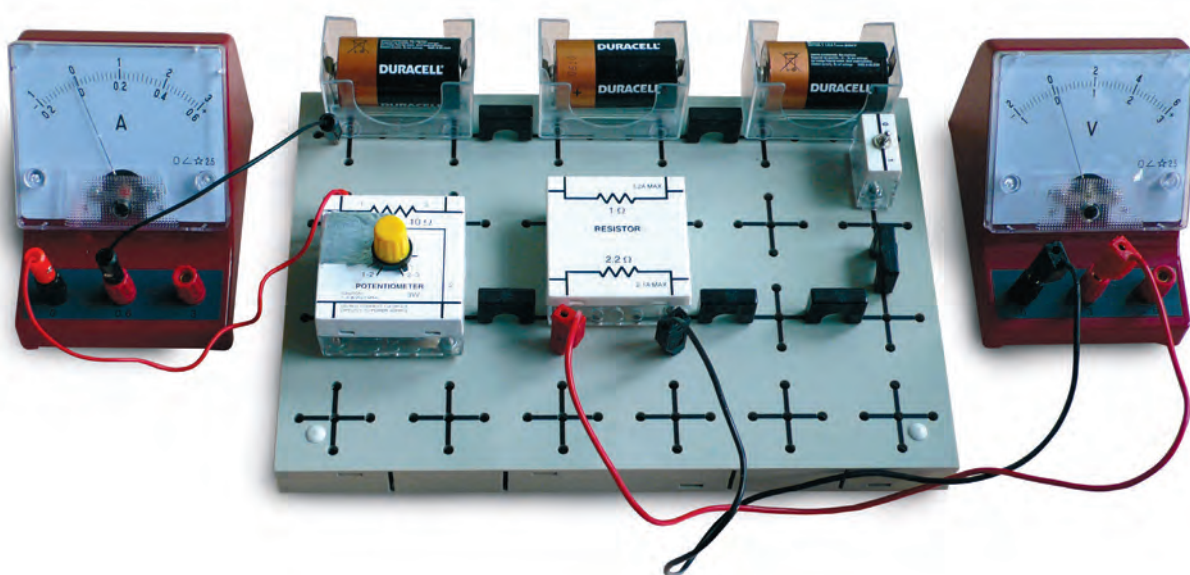
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор 4,7 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета сопротивления резистора;
- 3) укажите результат измерения напряжения на резисторе при силе тока в нем 0,5 А;
- 4) запишите значение сопротивления резистора.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.

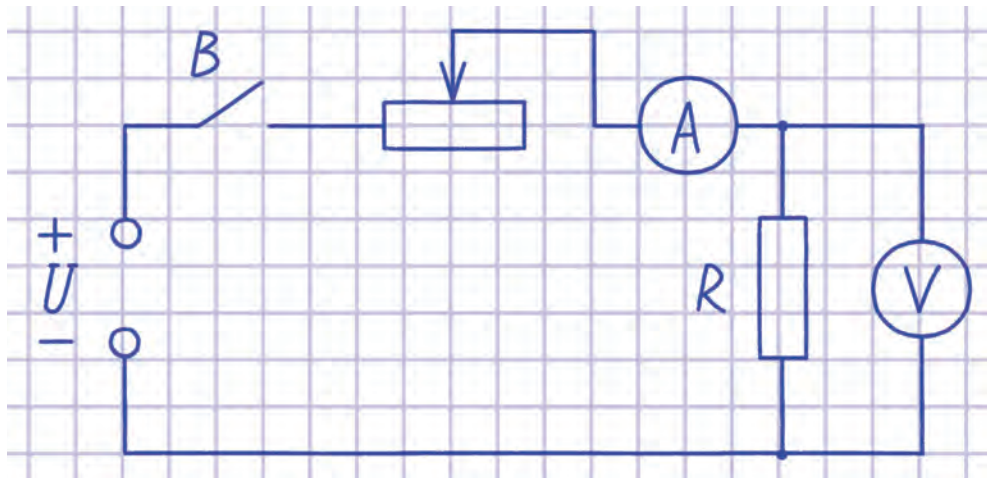


- 2) Установите реостатом силу тока в цепи 0,5 А.
- 3) Измерьте и запишите значение напряжения на резисторе U .

- 4 Вычислите значение сопротивления резистора по формуле: $R = U/I$

Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. $R = U/I$
 3. $U = 2,3 \text{ В}; I = 0,5 \text{ А}$
 4. $R = \frac{2,3\text{В}}{0,5\text{А}} = 4,6 \text{ Ом}$

Указание экспертам:

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей, использованных измерительных приборов:

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром – $\pm 0,03 \text{ А}$;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром – $\pm 0,15 \text{ В}$;

Тогда нижняя граница значения сопротивления резистора

$$R_{\text{НГ}} = \frac{U_{\text{НГ}}}{I_{\text{ВГ}}} = \frac{2,15\text{В}}{0,53\text{А}} \approx 4 \text{ Ом}$$

Верхняя граница значения сопротивления резистора

$$R_{\text{ВГ}} = \frac{U_{\text{ВГ}}}{I_{\text{НГ}}} = \frac{2,45\text{В}}{0,47\text{А}} \approx 5,3 \text{ Ом}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

Цель опыта:

Определить оптическую силу собирающей линзы, измерив ее фокусное расстояние методом, основанным на свойстве линзы собирать в точку фокуса параллельный световой пучок, распространявшийся до линзы вдоль ее главной оптической оси.



Задание

Используя оптическую скамью, рейтер с собирающей линзой и экран, соберите экспериментальную установку и определите оптическую силу линзы.

Характеристика оборудования:

1.	Оптическая скамья со шкалой с ценой деления 1 мм
2.	Экран
3.	Линза, собирающая на рейтере

В бланке ответов:

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

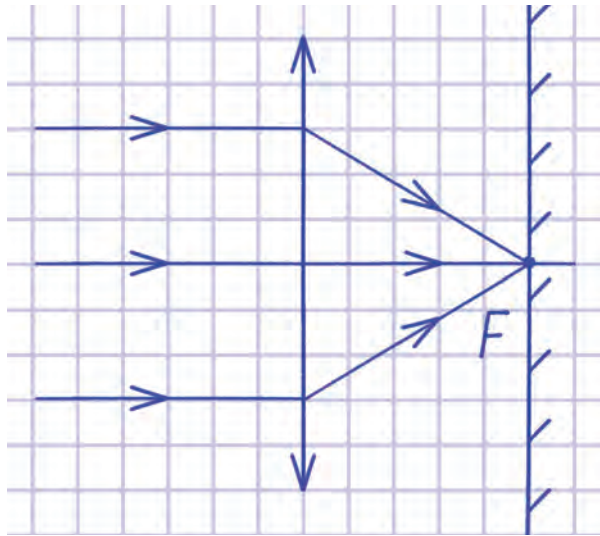
Порядок выполнения задания:

1. Соберите установку для определения фокусного расстояния линзы:
2. Получите на экране с помощью линзы четкое изображение удаленного предмета (например, окна).
3. Измерьте фокусное расстояние линзы.
4. Вычислите оптическую силу линзы.



Образец возможного выполнения задания:

1. Схема возможного варианта рисунка установки:



2. $D = 1/F$
3. $F = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$
4. $D = 1/0,1 \text{ м} = 10 \text{ дптр}$

Указание экспертам

Абсолютная погрешность измерения расстояния шкалой рейтера с ценой деления 1 мм составляет ± 1 мм. К этому значению следует добавить ошибку, возникающую в силу невозможности определить точное положение центра линзы из-за ее конечной толщины. При толщине линзы в 7 мм данная погрешность может достигать значения $\pm 3,5$ мм. Следовательно, абсолютная погрешность измерения фокусного расстояния может быть в пределах $\Delta F = \pm 4,5$ мм.

При этом значение оптической силы линзы, определенное на основании проведенного измерения, может находиться в интервале:

$$D = (10 \pm 0,5) \text{ дптр.}$$

**НАБЛЮДЕНИЕ ЯВЛЕНИЙ И ПОСТАНОВКА
ОПЫТОВ (НА КАЧЕСТВЕННОМ УРОВНЕ)
ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОТЕКАНИЕ ДАННЫХ
ЯВЛЕНИЙ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ СИЛЫ ОТ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ

Цель опыта:

Установить зависимость выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, от ее плотности.

Задание №1



Используя динамометр с пределом 1,5 Н, пластиковый цилиндр, стакан и штатив, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующую на цилиндр, погруженный в жидкость, от ее плотности.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Динамометр с пределом 1,5 Н
3	Цилиндр пластиковый
4	Стакан с насыщенным раствором поваренной соли в воде

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите вес цилиндра в воздухе;
- укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра в насыщенном солевом растворе и в пресной воде:

Жидкость	Насыщенный раствор соли	Пресная вода
Вес в жидкости $P_{ж}, Н$		
Выталкивающая сила $F, Н$		

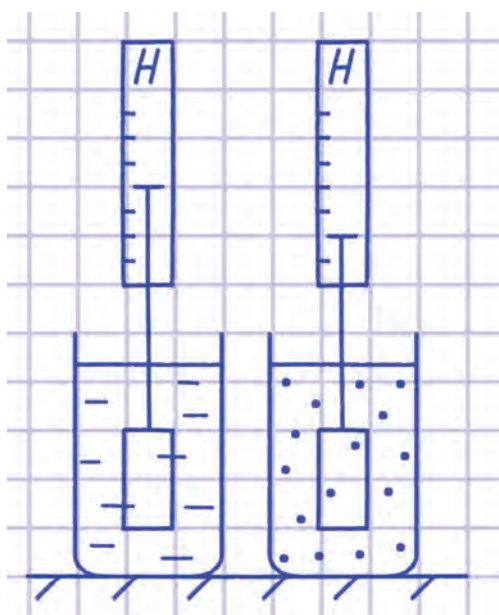
- укажите в таблице значение выталкивающей силы в насыщенном солевом растворе и в пресной воде;



5) сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- ❸ Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе $P_{\text{возд}}$.
- ❹ Измерьте динамометром вес цилиндра в пресной воде и насыщенном солевом растворе $P_{\text{ж}}$.
- ❺ Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле $F = P_{\text{возд}} - P_{\text{ж}}$.
- ❻ Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.



Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки
2. $P_{\text{возд}} = 0,85 \text{ Н}$
3. Таблица

Жидкость	Насыщенный раствор соли	Пресная вода
Вес в жидкости $P_{\text{ж}}$, Н	0,2	0,3
Выталкивающая сила F , Н	0,65	0,55

4. Вывод: выталкивающая сила зависит от плотности жидкости. При увеличении плотности жидкости выталкивающая сила увеличивается.

Указание экспертам

Для признания ответа верным количественная оценка не требуется. Достаточно указания на качественную зависимость выталкивающей силы от плотности жидкости.



Задание №2

Используя динамометр с пределом 1,5 Н, металлический цилиндр, стакан и штатив, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующую на цилиндр, погруженный в жидкость, от ее плотности.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Динамометр с пределом 1,5 Н
3	Цилиндр металлический
4	Стакан с насыщенным раствором поваренной соли в воде



В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите вес цилиндра в воздухе;
- 3) укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра в насыщенном солевом растворе и в пресной воде:

Жидкость	Насыщенный раствор соли	Пресная вода
Вес в жидкости $P_{ж}$, Н		
Выталкивающая сила F , Н		

- 4) укажите в таблице значение выталкивающей силы в насыщенном солевом растворе и в пресной воде;
- 5) сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.

Порядок выполнения задания:

1. Соберите установку, как показано на рисунке.
2. Сделайте рисунок экспериментальной установки.
3. Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе $P_{возд}$.
4. Измерьте динамометром вес цилиндра в пресной воде и насыщенном солевом растворе $P_{ж}$.

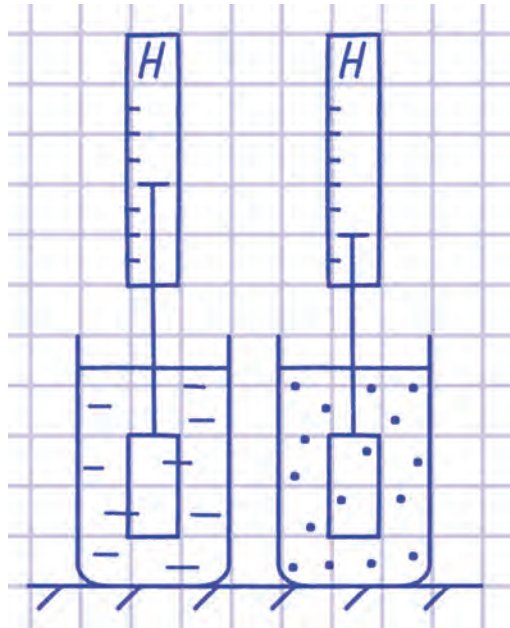
5. Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле

$$F = P_{\text{возд}} - P_{\text{ж}}$$

6. Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки



2. $P_{\text{возд}} = 0,95 \text{ Н}$,
3. Таблица

Жидкость	Насыщенный раствор соли	Пресная вода
Вес в жидкости $P_{\text{ж}}$, Н	0,5	0,6
Выталкивающая сила F , Н	0,45	0,35

Вывод: выталкивающая сила зависит от плотности жидкости. При увеличении плотности жидкости выталкивающая сила увеличивается.

Указание экспертам:

Для признания ответа верным количественная оценка не требуется. Достаточно указания на качественную зависимость выталкивающей силы от плотности жидкости.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ СИЛЫ ОТ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ



Цель опыта:

Установить зависимость выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, от объема погруженной части



Задание №1

Используя динамометр с пределом 1,5 Н, пластиковый цилиндр, стакан и штатив соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующую на цилиндр, от объема его части, погруженной в воду.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Динамометр с пределом 1,5 Н
3	Цилиндр пластиковый
4	Стакан с водой

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите вес цилиндра в воздухе;
- укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра, погруженного в воду на $1/3$ объема, на $2/3$ и полностью:

Объем погруженной части	$1/3 V$	$2/3V$	V
Вес в жидкости $P_{ж}, Н$			
Выталкивающая сила $F, Н$			

- укажите в таблице значение выталкивающей силы при погружении цилиндра на $1/3$ объема, на $2/3$ и полностью;

- 5) сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части цилиндра.

Порядок выполнения задания:

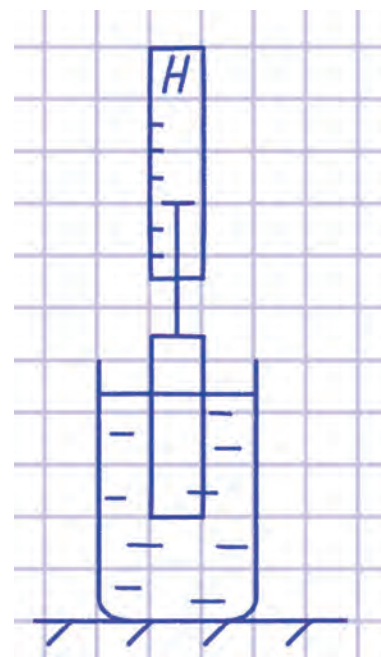
- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- ❸ Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе $P_{\text{возд}}$.
- ❹ Измерьте динамометром вес цилиндра $P_{\text{ж}}$ при его погружении в воду на $1/3$ объема, $2/3$ и полностью.
- ❺ Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле $F = P_{\text{возд}} - P_{\text{ж}}$.
- ❻ Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки
2. $P_{\text{возд}} = 0,85 \text{ Н}$,
3. Таблица

Объем погруженной части	$1/3 V$	$2/3 V$	V
Вес в жидкости $P_{\text{ж}}$, Н	0,6	0,5	0,4
Выталкивающая сила F , Н	0,25	0,35	0,45

4. Вывод: выталкивающая сила зависит от объема погруженной части тела. При увеличении объема погруженной части выталкивающая сила увеличивается.



Указание экспертам:

Для признания ответа верным количественная оценка не требуется. Достаточно указания на качественную зависимость выталкивающей силы от объема погруженной в нее части тела.



Задание №2

Используя динамометр с пределом 1,5 Н, пластиковый цилиндр, стакан и штатив соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующую на цилиндр, от объема его части, погруженной в воду.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Динамометр с пределом 1,5Н
3	Цилиндр пластиковый
4	Стакан с водой

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите вес цилиндра в воздухе;
- 3) укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра, погруженного в воду на 1/3 объема, на 2/3 и полностью:

Объем погруженной части	1/3 V	2/3V	V
Вес в жидкости $P_{ж}$, Н			
Выталкивающая сила F, Н			



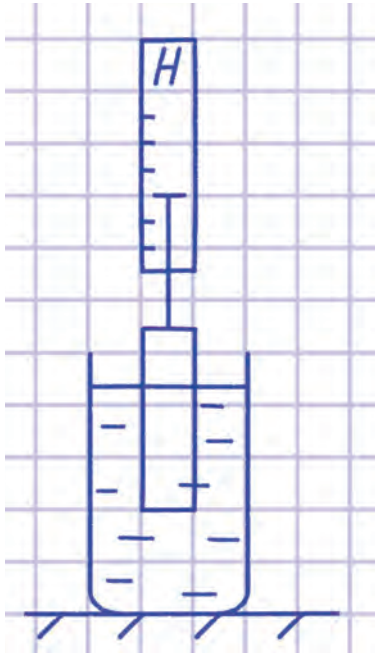
- 4) укажите в таблице значение выталкивающей силы при погружении цилиндра на 1/3 объема, на 2/3 и полностью;
- 5) сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части цилиндра.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.
- 2) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 3) Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе $P_{возд}$.
- 4) Измерьте динамометром вес цилиндра $P_{ж}$ при его погружении в воду на 1/3 объема, 2/3 и полностью.
- 5) Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле

$$F = P_{возд} - P_{ж}$$

- 6) Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.

**Образец возможного выполнения задания:**

1. Возможный вид рисунка установки

2. $P_{\text{возд}} = 0,95 \text{ Н}$,

3. Таблица

Объем погруженной части	$1/3 V$	$2/3V$	V
Вес в жидкости $P_{\text{ж}}$, Н	0,85	0,75	0,65
Выталкивающая сила F , Н	0,1	0,2	0,3

4. **Вывод:** выталкивающая сила зависит от объема погруженной части тела. При увеличении объема погруженной части выталкивающая сила увеличивается.

Указание экспертам:

Для признания ответа верным количественная оценка не требуется. Достаточно указания на качественную зависимость выталкивающей силы от объема погруженной в нее части тела.

НАБЛЮДЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСТЫВАЮЩЕЙ ВОДЫ ОТ ВРЕМЕНИ

Цель опыта:

Определить, как зависит скорость изменения температуры остывающей воды от времени.

Задание



Составьте план эксперимента для исследования зависимости скорости изменения температуры воды от времени при ее охлаждении. Подберите необходимое оборудование и проведите опыт.

Характеристика оборудования:

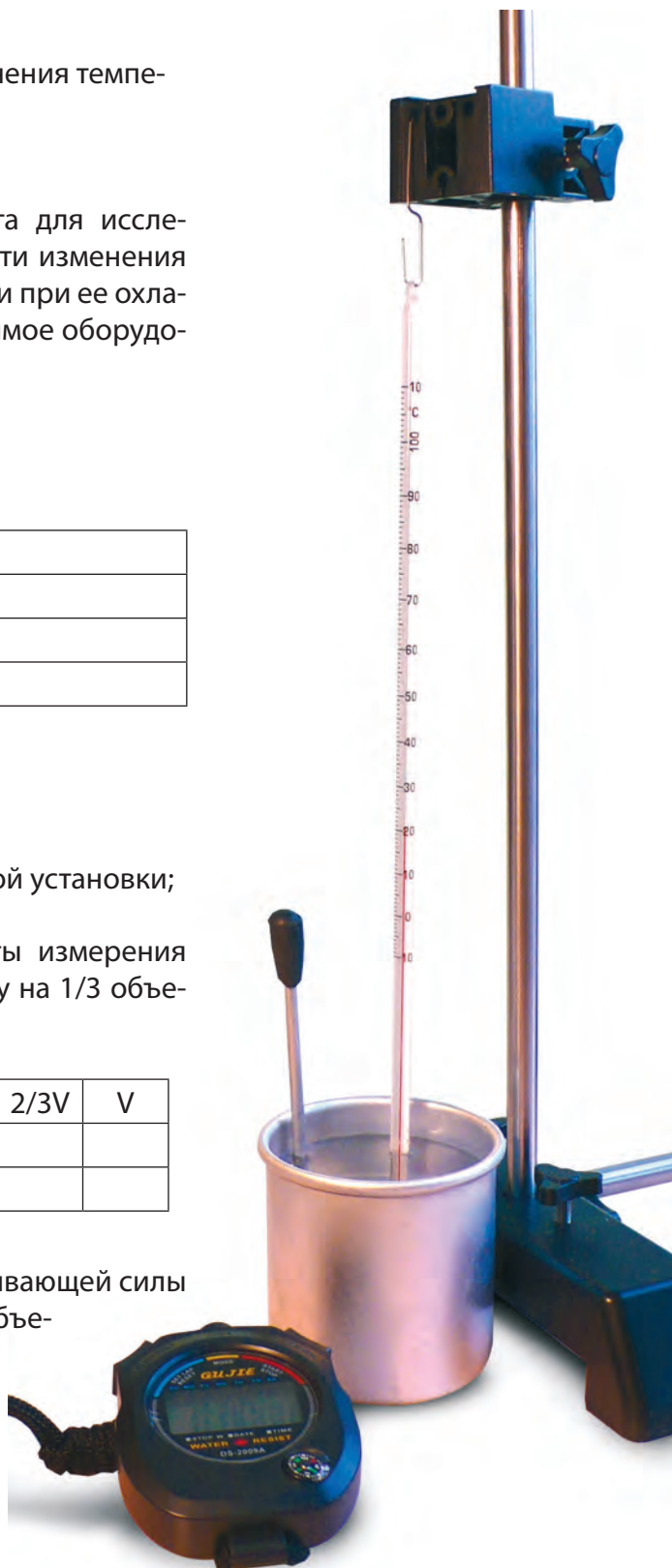
1	Штатив с набором деталей
2	Динамометр с пределом 1,5 Н
3	Цилиндр пластиковый
4	Стакан с водой

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите вес цилиндра в воздухе;
- укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра, погруженного в воду на 1/3 объема, на 2/3 и полностью:

Объем погруженной части	1/3 V	2/3V	V
Вес в жидкости $P_{ж}$, Н			
Выталкивающая сила F, Н			

- укажите в таблице значение выталкивающей силы при погружении цилиндра на 1/3 объема, на 2/3 и полностью;
- сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части цилиндра.

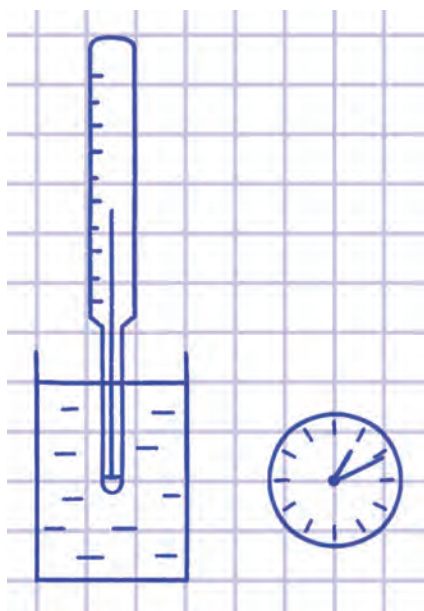


Порядок выполнения задания:

- ❶ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Время τ , мин	0	5	10	15
Температура t , °C				
Изменение температуры Δt , °C	-----			

- ❷ Налейте в металлический стакан калориметра воду при температуре не менее 60 °C и поместите в нее термометр.
- ❸ Включите секундомер после того, как показания термометра перестанут возрастать.
- ❹ Запишите значение температуры воды сразу после включения секундомера.
- ❺ Запишите показания термометра через 5; 10 и 15 минут с момента включения секундомера.
- ❻ Вычислите среднюю скорость изменения температуры для каждого интервала времени в 5 минут
- ❼ Сформулируйте и запишите вывод о зависимости от времени скорости изменения температуры воды.

**Образец возможного выполнения задания**

- Возможный вид рисунка установки
- Опыт проводят с использованием секундомера, термометра, штатива и сосуда с горячей водой.
- Результаты измерения температуры и времени представлены в таблице:

Время τ , мин	0	5	10	15
Температура t , °C	60	52	46	43
Изменение температуры Δt , °C	-----	8	6	3

4. Средняя скорость изменения температуры за первый интервал в 5 минут

$$V_1 = \frac{\Delta t_1}{\Delta \tau} = \frac{8^\circ\text{C}}{5 \text{ мин}} = 1,6^\circ\text{C/мин}$$

Средняя скорость изменения температуры за второй интервал в 5 минут

$$V_2 = \frac{\Delta t_2}{\Delta \tau} = \frac{6^\circ\text{C}}{5 \text{ мин}} = 1,2^\circ\text{C/мин}$$

Средняя скорость изменения температуры за третий интервал в 5 минут

$$V_3 = \frac{\Delta t_3}{\Delta \tau} = \frac{2^\circ\text{C}}{5 \text{ мин}} = 1,6^\circ\text{C/мин}$$

5. Вывод: скорость изменения температуры воды при остывании уменьшается с течением времени.

Указание экспертам

Оценивается качественный вывод о зависимости скорости изменения температуры от времени. Достоверность полученных количественных значений скорости изменения температуры зависит от внешних условий проведения опыта и оценке не подлежит.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТРЕНИЯ ОТ ПЛОЩАДИ СОПРИКАСАЮЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель опыта:

Экспериментально доказать справедливость утверждения о том, что сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.



Задание

Используя динамометр с пределом 1,5 Н, брусок с обрешиненными гранями и лист бумаги, соберите экспериментальную установку и исследуйте, зависит ли сила трения скольжения от площади соприкосновения бруска с листом бумаги.

Характеристика оборудования:

1	Металлический брусок, две поверхности которого покрыты резиной
2	Динамометр с пределом измерения 1,5 Н
3	Лист бумаги

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите значение силы трения при скольжении бруска по бумаге широкой гранью;
- 3) запишите значение силы трения при скольжении бруска по бумаге узкой гранью;
- 4) запишите вывод о зависимости силы трения скольжения от площади трущихся поверхностей.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.

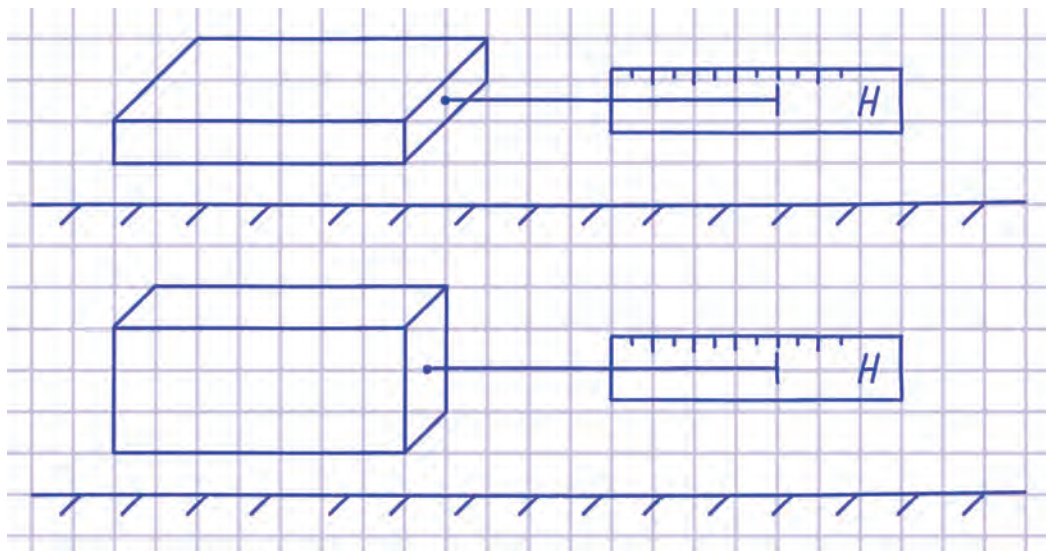


- 2) Положите на лист бумаги брусок широкой гранью с резиновой поверхностью вниз и прикрепите к его крючку динамометр.

3. Сделайте рисунок экспериментальной установки.
4. Потяните за динамометр, удерживая его горизонтально так, чтобы брусок равномерно скользил по бумаге. Измерьте силу трения при скольжении широкой грани бруска $F_{\text{тр шир}}$.
5. Положите брусок на бумагу узкой гранью с резиновой поверхностью и измерьте силу трения $F_{\text{тр узк}}$.
6. Сравните значения сил трения при скольжении бруска широкой и узкой поверхностями.
7. Сформулируйте и запишите вывод о том, зависит ли сила трения скольжения от площади соприкасающихся поверхностей.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. $F_{\text{тр шир}} = 0,45 \text{ Н}$
3. $F_{\text{тр узк}} = 0,45 \text{ Н}$
4. $F_{\text{тр шир}} = F_{\text{тр узк}}$
5. **Вывод:** сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.

Указание экспертам:

При определении коэффициента трения скольжения использовался динамометр с ценой деления $0,05 \text{ Н}$.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения силы трения составит

$$\Delta F_{\text{тр}} = 0,05 \text{ Н}.$$

При этом значение силы трения скольжения широкой грани может находиться в пределах

$$F_{\text{тр шир}} = (0,45 \pm 0,05) \text{ Н}.$$

Значение силы трения скольжения узкой грани может находиться в пределах

$$F_{\text{тр узк}} = (0,45 \pm 0,05) \text{ Н}$$

Если измеренные значения сил трения попадают в указанные интервалы, то вывод считается обоснованным.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАТУШКИ С ТОКОМ И МАГНИТА

Цель опыта:

Установить зависимость силы взаимодействия магнита и проволочной катушки от величины тока в ее витках.



Задание

Используя проволочную катушку, магнит, амперметр с пределами измерения тока - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, весы, реостат, монтажную панель, батарею гальванических элементов, ключ и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте, как изменяется вес магнита при изменении силы тока в катушке, расположенной над ним.

Характеристика оборудования:

1	Катушка проволочная
2	Амперметр с пределами измерения силы тока - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
3	Магнит
4	Весы электронные
5	Реостат 10 Ом
6	Батарея гальванических элементов $3 \times 1,5$ В
7	Ключ
8	Панель монтажная
9	Соединительные провода

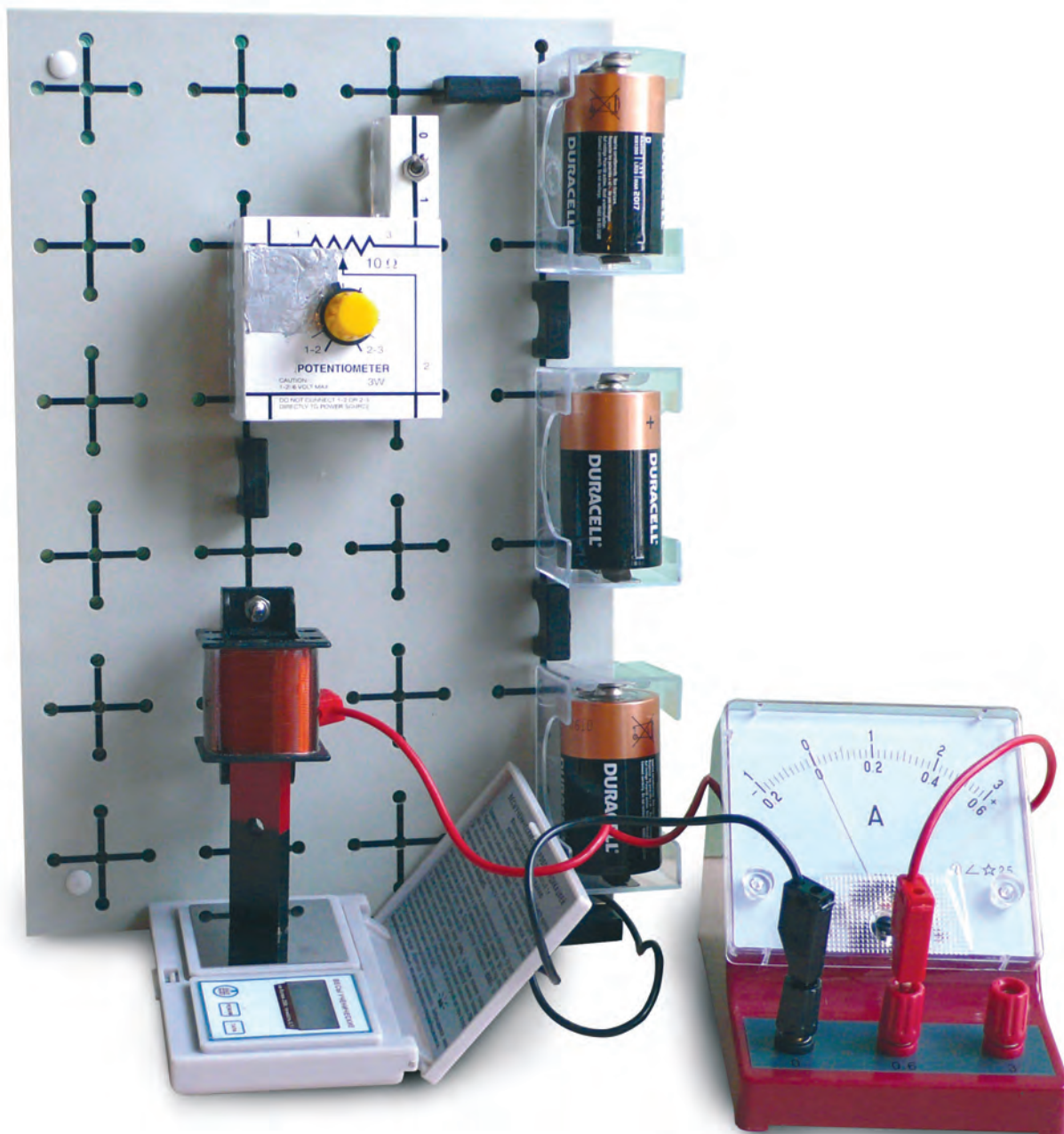
В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 3) представьте в виде таблицы результаты наблюдений за изменением веса магнита при силе тока в катушке в $0,3$ А; $0,4$ А и $0,5$ А ;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости силы взаимодействия магнита и проволочной катушки от величины тока в ее витках.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите экспериментальную установку, как показано на рисунке.
- 2) Магнит поставьте на весы и поместите внутрь катушки так, чтобы он не касался ее каркаса.
- 3) Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

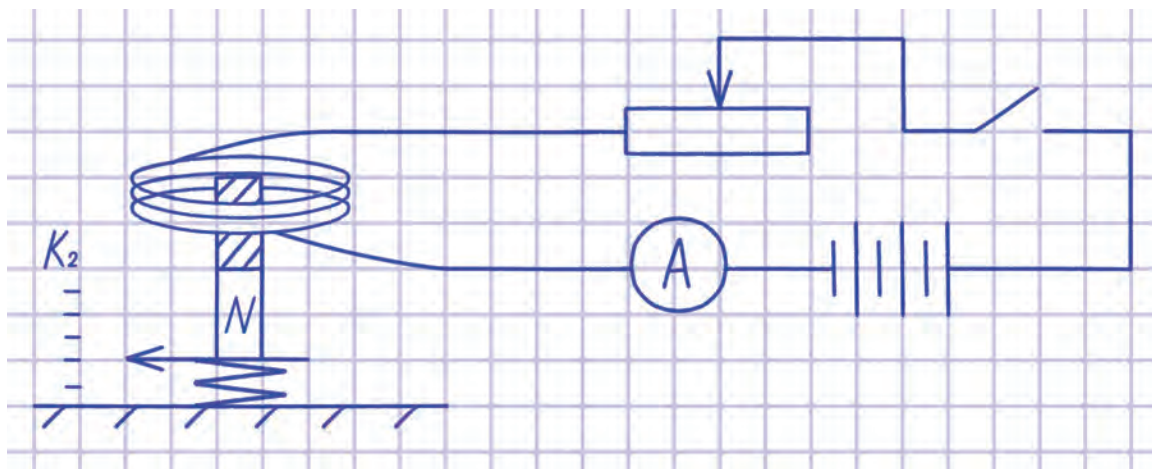
№	Сила тока, А	Показание весов, г	Вес, Н
1			
2			
3			
4			



- ④ Измерьте вес магнита при отсутствии тока в катушке.
- ⑤ Измерьте вес магнита при токе в катушке силой 0,3 А, 0,4 А и 0,5 А.
- ⑥ Переведите показания весов в единицы силы.
- ⑦ Сопоставьте изменение веса магнита с изменением силы тока в катушке.
- ⑧ Сформулируйте и запишите вывод о зависимости силы взаимодействия магнита и катушки от силы тока в катушке.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Сила взаимодействия катушки и магнита зависит от силы тока в ее витках

3. Таблица:

№	Сила тока, А	Показание весов, г	Вес, Н
1	0	62	0,6
2	0,3	45,7	0,45
3	0,4	40,4	0,4
4	0,5	35	0,34

4. Вывод: вес магнита, помещенного внутрь катушки, при изменении тока в катушке изменялся. Следовательно, взаимодействие катушки и магнита зависит от силы тока в катушке. Чем больше сила тока, тем сильнее взаимодействие.

Указание экспертам

Достаточным является верный вывод о качественной зависимости силы взаимодействия катушки и магнита.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменить полярность подключения катушки к батарее, что приведет к увеличению веса магнита при протекании тока в катушке. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

Цель опыта:

Установить зависимость индукционного тока в проволочной катушке от скорости движения магнита относительно ее витков.



Задание

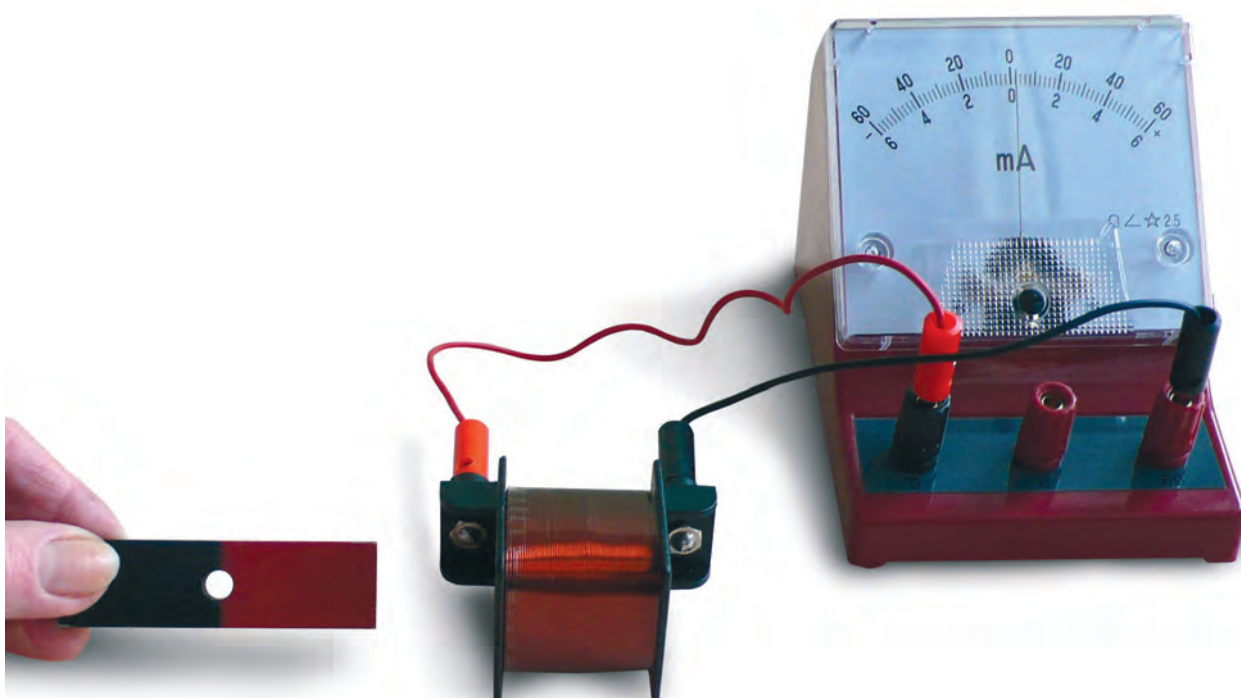
Используя проволочную катушку, магнит, миллиамперметр с пределами измерения тока - $60 \div 0 \div 60$ мА и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте, как зависит сила тока в катушке от скорости движения магнита внутри катушки.

Характеристика оборудования:

1	Катушка проволочная
2	Миллиамперметр с пределами измерения силы тока – $60 \div 0 \div 60$ мА
3	Магнит
4	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите, какое предположение проверялось в опыте;
- 3) запишите результаты наблюдений за изменением отклонения стрелки миллиамперме-



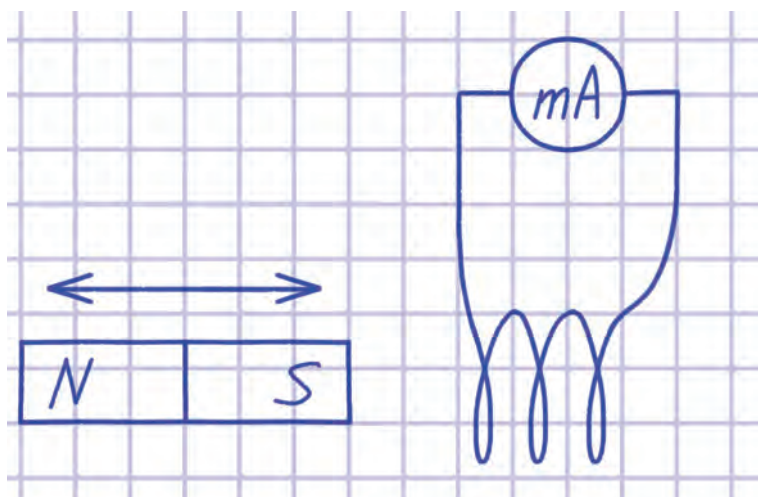
- тра при изменении скорости движения магнита в катушке;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости силы индукционного тока от скорости магнита в катушке.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите экспериментальную установку, как показано на рисунке. Катушку подключите к миллиамперметру так, чтобы его пределы измерения тока составили $-60 \div 0 \div 60$ мА.
- ❷ Положите магнит внутрь катушки. Установите, отклоняется ли стрелка прибора, когда магнит в катушке неподвижен. Отметьте отклонение стрелки миллиамперметра при медленном и плавном извлечении магнита из катушки.
- ❸ Повторите опыт, увеличив скорость извлечения магнита.
- ❹ Повторите опыт, резко выдернув магнит из катушки
- ❺ Сопоставьте величину отклонения стрелки прибора со скоростью движения магнита в катушке.
- ❻ Сформулируйте и запишите вывод о зависимости силы индукционного тока от скорости движения магнита.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки.



2. Сила тока зависит от скорости движения магнита.
3. При неподвижном магните стрелка не отклонялась; отклонение стрелки увеличивалось с увеличением скорости магнита.
4. Вывод: сила тока в цепи катушки зависит от скорости движения магнита в катушке. Чем быстрее движется магнит в катушке, тем больше сила тока в ее цепи.

Указание экспертам

Достаточным является верный вывод о качественной зависимости силы индукционного тока от скорости движения магнита в катушке.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, насаживать катушку на магнит с разной скоростью. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ ЕГО ДЛИНЫ

Цель опыта:

Установить зависимость сопротивления проволочного проводника от его длины.



Задание №1

Используя батарею гальванических элементов, провод из константана; вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В, ключ, монтажную панель, контактные стойки и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость электрического сопротивления провода от его длины.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
3	Провод константановый диаметром 0,35 мм на катушке
4	Ключ
5	Контактные стойки
6	Монтажная панель
7	Соединительные провода

В бланке ответов:

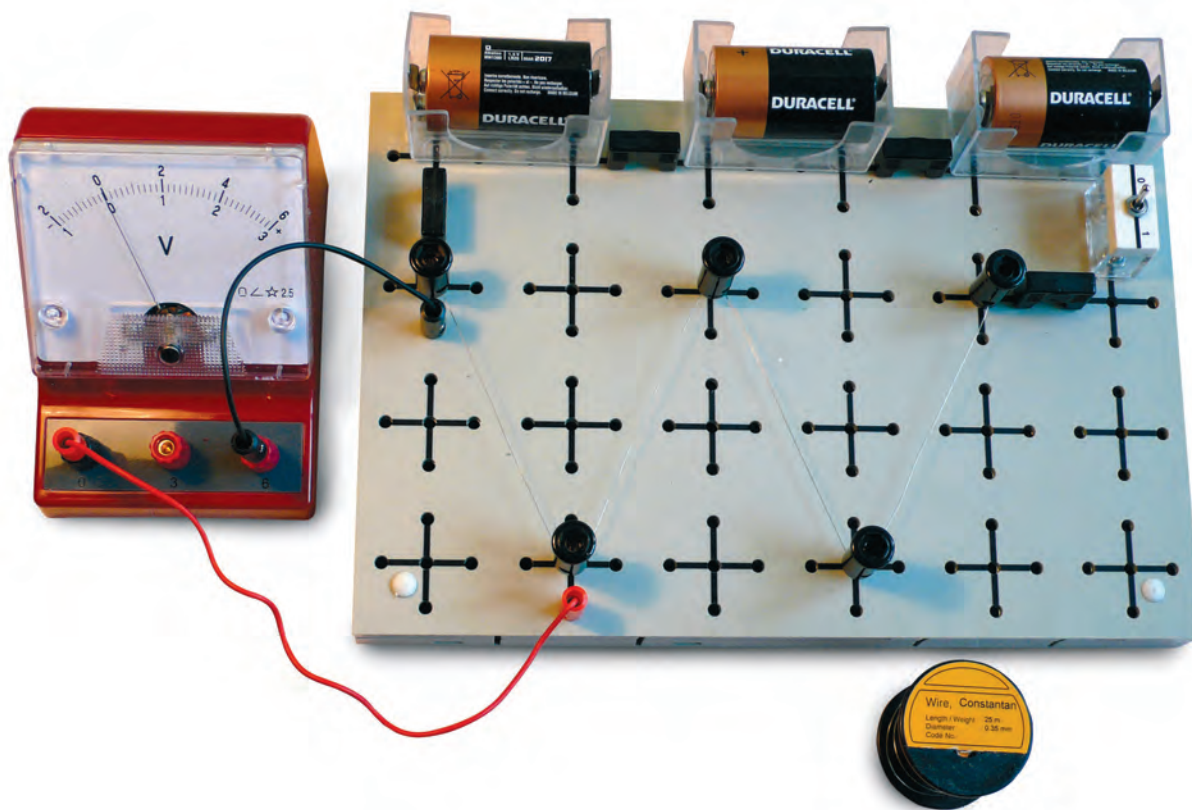
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерения напряжения на участках провода разной длины;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости сопротивления провода от его длины.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите на монтажной панели не менее пяти контактных стоек на равных расстояниях друг от друга и натяните между ними константановый провод.
- ❸ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Длина провода	Напряжение, В
1	L	
2	2L	
3	3L	
4	4L	

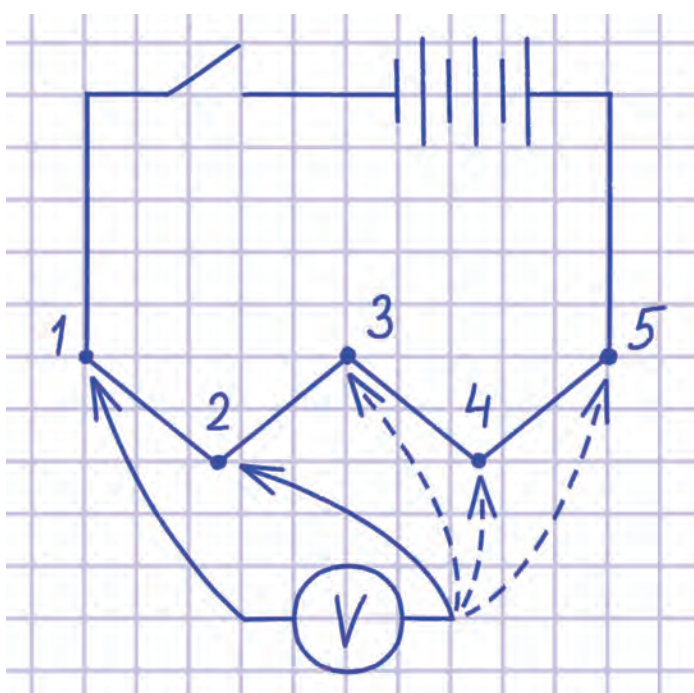
- ❹ Измерьте напряжение на участке провода L между первой и второй стойкой.
- ❺ Повторите измерение напряжения на участке между стойками 1 и 3 (длиной 2L), 1 и 4 (длиной 3L), 1 и 5 (длиной 4L).



- 6 Сравните значения напряжений на отдельных участках с их длиной
- 7 Укажите, как связаны падения напряжения на проводниках, соединенных последовательно с их сопротивлениями.
- 8 Сделайте вывод о зависимости сопротивления провода от его длины.

Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений:

№	Длина провода	Напряжение, В
1	L	0,45
2	2L	0,9
3	3L	1,35
4	4L	3

3. При последовательном соединении проводников напряжение на каждом из них тем больше, чем больше сопротивление проводника.
4. Вывод: сопротивление провода зависит от его длины. Чем длиннее провод, тем его сопротивление больше.

Указание экспертам:

Достаточным является верный вывод о качественной зависимости сопротивления провода от длины.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменив количество контактных стоек на монтажной панели. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

**Задание №2**

Используя батарею гальванических элементов, провод из нихрома, вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В, ключ, монтажную панель, контактные стойки и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость электрического сопротивления провода от его длины.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
3	Провод нихромовый диаметром 0,35 мм на катушке
4	Ключ
5	Контактные стойки
6	Монтажная панель
7	Соединительные провода

В бланке ответов:

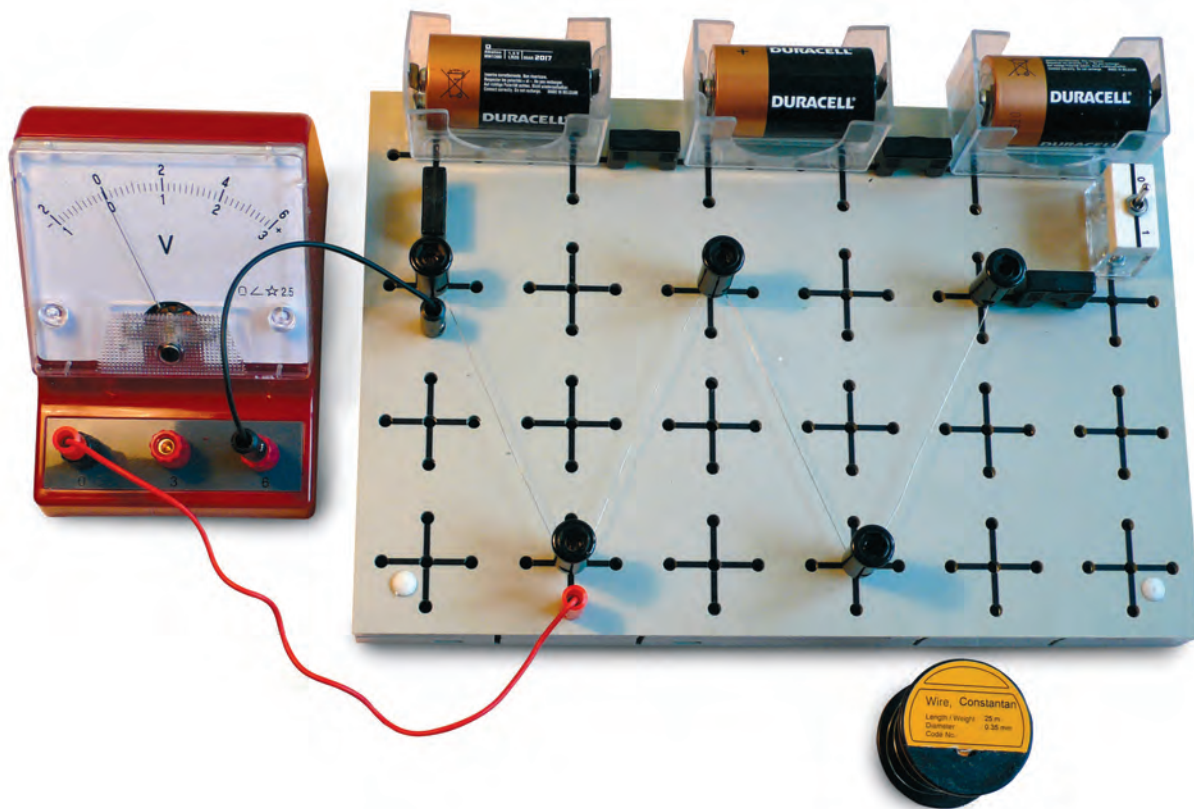
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерения напряжения на участках провода разной длины;
- сформулируйте вывод о зависимости сопротивления провода от его длины.

Порядок выполнения задания:

- Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке. Установите на монтажной панели не менее пяти контактных стоек на равных расстояниях друг от друга и натяните между ними нихромовый провод.
- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Длина провода	Напряжение, В
1	L	
2	2L	
3	3L	
4	4L	

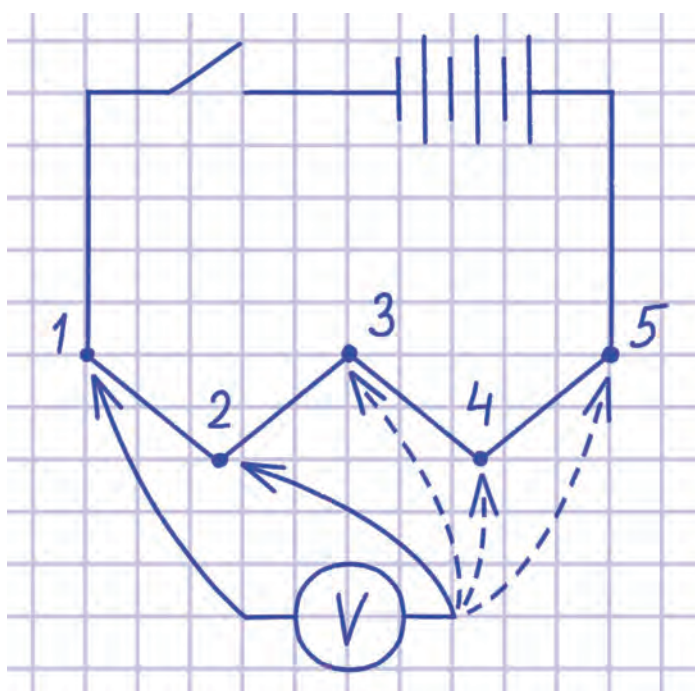
- Измерьте напряжение на участке провода L между первой и второй стойкой.



- 4 Повторите измерение напряжения на участке между стойками 1 и 3 (длиной $2L$), 1 и 4 (длиной $3L$), 1 и 5 (длиной $4L$).
- 5 Сравните значения напряжений на отдельных участках с их длиной
- 6 Укажите, как связаны падения напряжения на проводниках, соединенных последовательно с их сопротивлениями.
- 7 Сделайте вывод о зависимости сопротивления провода от его длины.

Образец возможного выполнения задания:

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений:

№	Длина провода	Напряжение, В
1	L	0,7
2	$2L$	1,4
3	$3L$	2,1
4	$4L$	2,8

3. При последовательном соединении проводников напряжение на каждом из них тем больше, чем больше сопротивление проводника.
4. Вывод: сопротивление провода зависит от длины. Чем длиннее провод, тем его сопротивление больше.

Указание экспертам:

Достаточным является верный вывод о качественной зависимости сопротивления провода от длины.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменив количество контактных стоек на монтажной панели. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МАССЫ ОТ ОБЪЁМА

Цель опыта:

Установить зависимость масс однородных тел, изготовленных из одного вещества, от их объемов.



Задание

Используя электронные весы, мерный цилиндр и набор из трех алюминиевых тел разного объема, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость массы тел от их объемов.

Характеристика оборудования:

1	Три алюминиевых цилиндра разных объемов
2	Электронные весы
3	Цилиндр мерный
4	Стакан с водой
5	Нить



В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для измерения объемов тел;
- 2) укажите результаты измерения масс цилиндров и их объемов в виде таблицы;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости массы от объема.

Порядок выполнения задания:

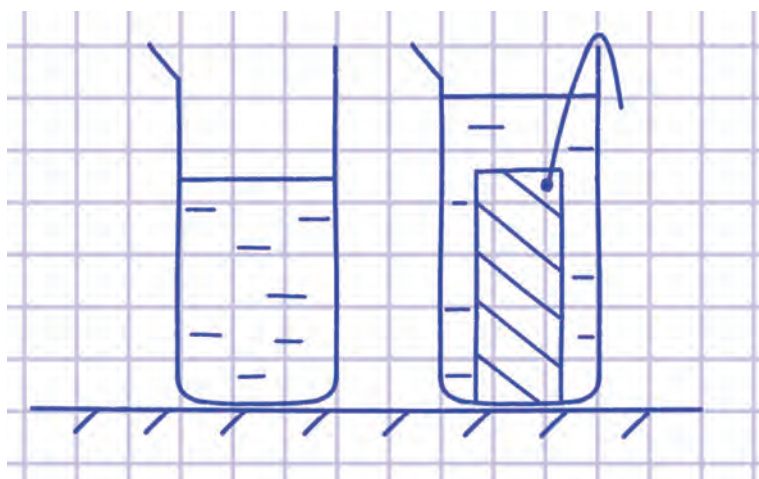
- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте массу m каждого цилиндра.
- ❸ Данные измерений занесите в таблицу:

№	m , г	V_1 , мл	V_2 , мл	V , мл
1				
2				
3				

- ❹ Измерьте объем V каждого цилиндра, используя мерный цилиндр с водой
- ❺ Сформулируйте на основании полученных данных вывод о зависимости массы тела от объема.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Результаты измерений массы и объемов:

№	m , г	V_1 , мл	V_2 , мл	V , мл
1	96	40	76	36
2	67,8	40	66	26
3	33,4	40	54	14

3. Вывод: масса однородных тел, изготовленных из одного и того же вещества, увеличивается с увеличением их объема.

На основании графика можно утверждать, что масса прямо пропорциональна объему.

Указание экспертам

При измерении массы тел используются электронные весы с точностью до 0,1 г и мерный цилиндр с ценой деления 2 мм.

Следовательно, значения измеренных величин могут находиться в пределах:

№	m, г	V ₁ , мл	V ₂ , мл	V, мл
1	96 ± 0,1	40 ± 2	76 ± 2	36 ± 4
2	67,8 ± 0,1	40 ± 2	66 ± 2	26 ± 4
3	33,4 ± 0,1	40 ± 2	54 ± 2	14 ± 4

Наличие вывода о прямой пропорциональной зависимости массы тела от объема не является обязательным.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ ПЛОЩАДИ ЕГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Цель опыта:

Установить зависимость сопротивления проволочного проводника от площади его поперечного сечения.

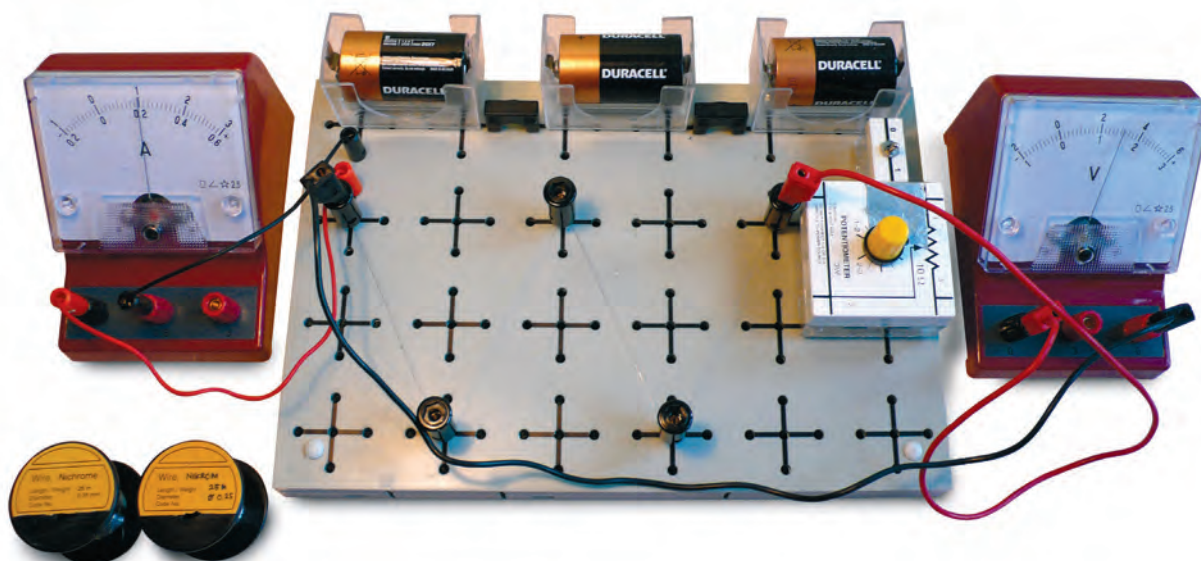


Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов, нихромовые провода разных диаметров, амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, вольтметр с пределами $-2 \div 0 \div 6$ В, ключ, реостат, монтажную панель, контактные стойки и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость электрического сопротивления провода от площади поперечного сечения.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-2 \div 0 \div 6$ В
5	Провод нихромовый диаметром 0,25 мм
6	Провод нихромовый диаметром 0,35 мм
7	Ключ
8	Монтажная панель
9	Соединительные провода



В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерения напряжения и силы тока;
- 3) укажите значение сопротивления нихромовых проводов диаметром 0,25 мм и 0,35 мм одинаковой длины;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости сопротивления провода от площади его поперечного сечения.

Порядок выполнения задания:

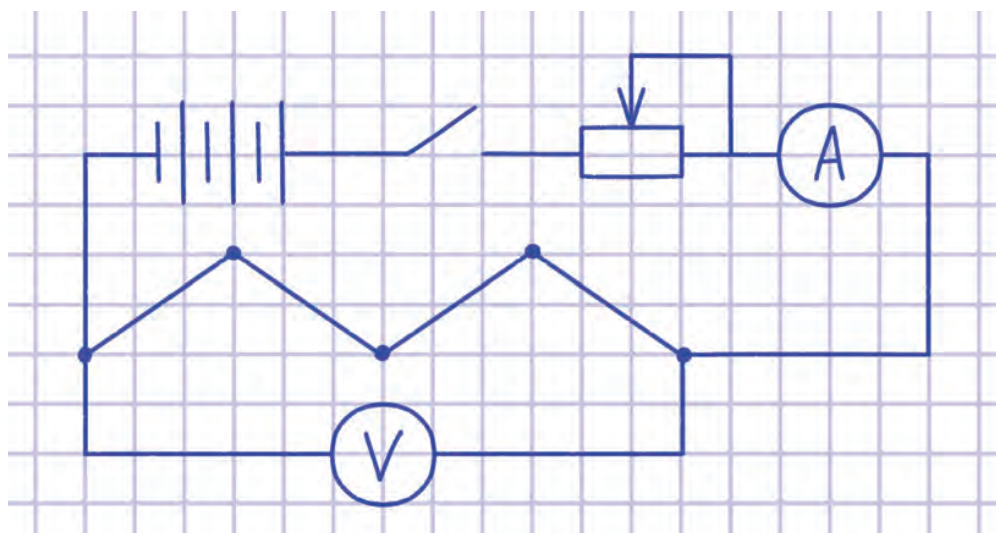
- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке. Установите на монтажной панели не менее пяти контактных стоек и натяните между ними нихромовый провод диаметром 0,25 мм.
- ❷ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Диаметр провода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
0,25			
0,35			

- ❸ Установите реостатом силу тока в цепи $I = 0,2$ А.
- ❹ Измерьте напряжение на концах провода U .
- ❺ Вычислите сопротивление провода R по формуле $R = U/I$.
- ❻ Повторите опыт, натянув между теми же стойками нихромовый провод диаметром 0,35 мм.
- ❼ Укажите, как площадь поперечного сечения провода связана с его диаметром.
- ❽ Сравните значения сопротивлений проводов с разным диаметром, но одинаковой длины и изготовленных из одного материала
- ❾ Сделайте вывод о зависимости сопротивления провода от площади поперечного сечения.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений и вычислений:

Диаметр провода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
0,25	0,2	3	15
0,35	0,2	1,6	8

3. Чем больше диаметр провода, тем больше площадь его поперечного сечения.

5. **Вывод:** сопротивление провода зависит от его поперечного сечения. Чем больше площадь поперечного сечения, тем сопротивление меньше.

Указание экспертам

Достаточным является верный вывод о качественной зависимости сопротивления провода от площади поперечного сечения.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменив количество контактных стоек на монтажной панели. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

**Задание № 2**

Используя батарею гальванических элементов, нихромовые провода разных диаметров, амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В, ключ, реостат, монтажную панель, контактные стойки и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость электрического сопротивления провода от площади поперечного сечения.

Характеристика оборудования:

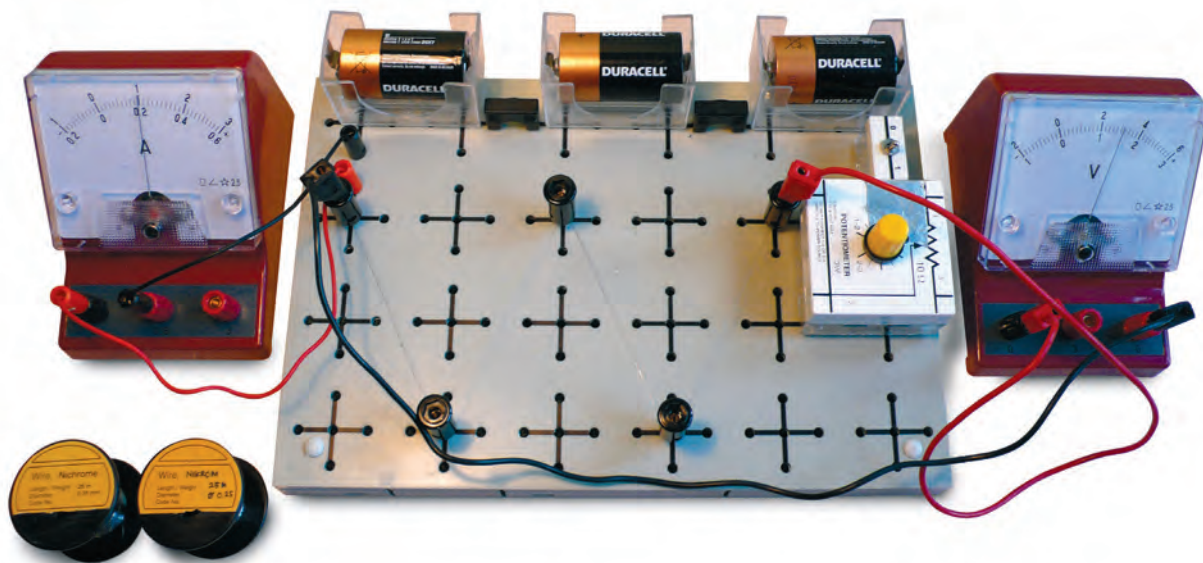
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
5	Провод нихромовый диаметром 0,25 мм
6	Провод нихромовый диаметром 0,35 мм
7	Ключ
8	Монтажная панель
9	Соединительные провода

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерения напряжения и силы тока;
- укажите значение сопротивления нихромовых проводов диаметром 0,25 мм и 0,35 мм одинаковой длины;
- сформулируйте вывод о зависимости сопротивления провода от площади его поперечного сечения.

Порядок выполнения задания:

- 1 Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.



Установите на монтажной панели не менее пяти контактных стоек и натяните между ними нихромовый провод диаметром 0,25мм.

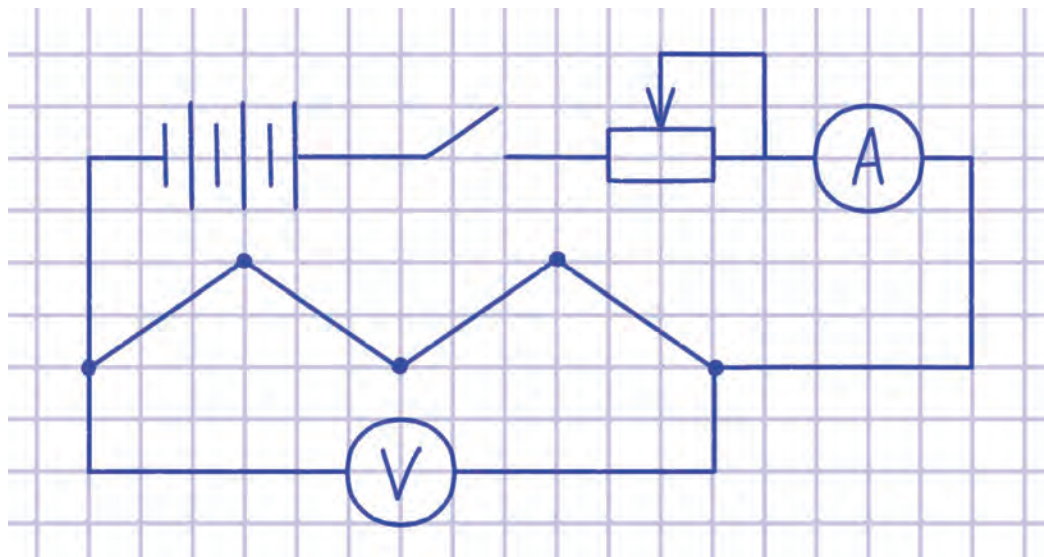
- 2 Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Диаметр провода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
0,25			
0,35			

- 3 Установите реостатом силу тока в цепи $I = 0,1$ А.
- 4 Измерьте напряжение на концах провода U .
- 5 Вычислите сопротивление провода R по формуле $R = U/I$.
- 6 Повторите опыт, натянув между теми же стойками нихромовый провод диаметром 0,35 мм.
- 7 Укажите, как площадь поперечного сечения провода связана с его диаметром.
- 8 Сравните значения сопротивлений проводов с разным диаметром, но одинаковой длины и изготовленных из одного материала.
- 9 Сделайте вывод о зависимости сопротивления провода от площади поперечного сечения.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений и вычислений:

Диаметр провода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
0,25	0,1	1,5	15
0,35	0,1	0,8	8

3. Чем больше диаметр провода, тем больше площадь его поперечного сечения.
5. **Вывод:** сопротивление провода зависит от его поперечного сечения. Чем больше площадь поперечного сечения, тем сопротивление меньше.

Указание экспертам

Достаточным является верный вывод о качественной зависимости сопротивления провода от площади поперечного сечения.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменив количество контактных стоек на монтажной панели. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ МАТЕРИАЛА, ИЗ КОТОРОГО ОН ИЗГОТОВЛЕН

Цель опыта:

Установить зависимость сопротивления проводника от материала, из которого он изготовлен.



Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов, провода из нихрома и константана одинакового диаметра; амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В, ключ, реостат, монтажную панель, контактные стойки и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость электрического сопротивления провода от его материала.

Характеристика оборудования:

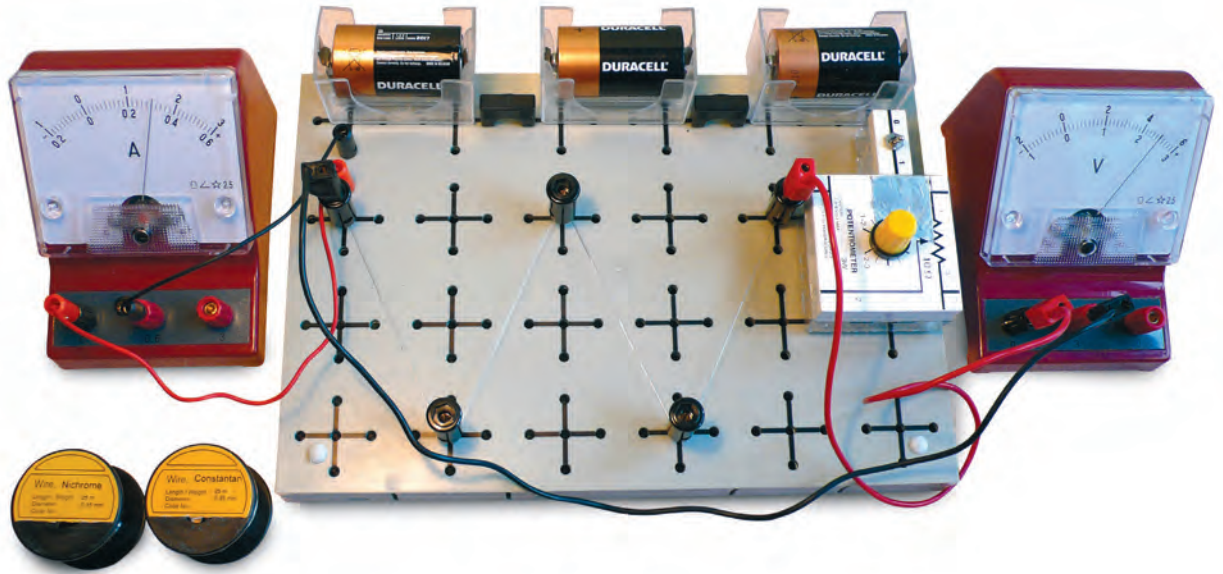
1	Батарея из трех элементов по 1,5В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
5	Провод константановый диаметром 0,35 мм
6	Провод нихромовый диаметром 0,35 мм
7	Ключ
8	Монтажная панель
9	Контактные стойки
10	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерения напряжения и силы тока;
- 3) укажите значение сопротивления проводов из нихрома и константана с равными длиной и диаметрами;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости сопротивления провода от материала из которого он изготовлен.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке. Установите на монтажной панели не менее пяти контактных стоек и натяните между ними нихромовый провод диаметром 0,35 мм.



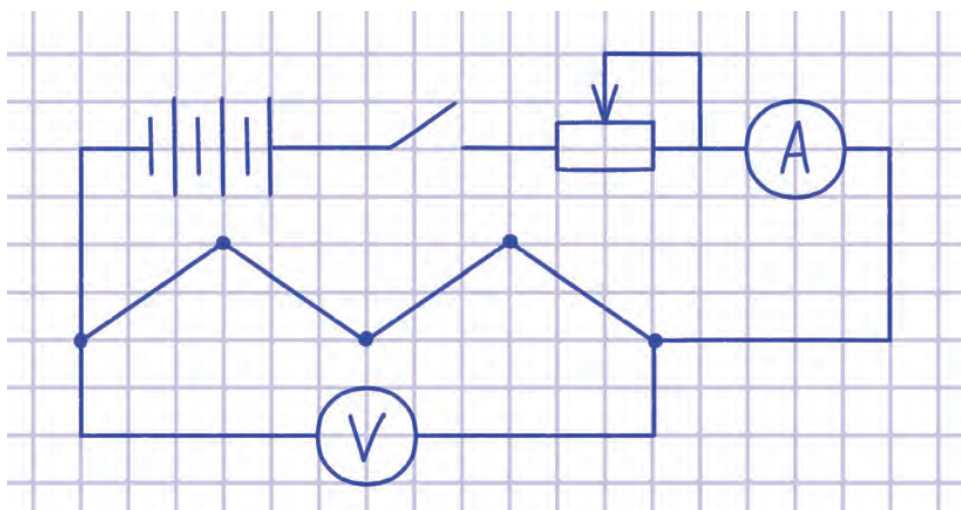
- ② Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Материал провода	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
Нихром			
Константан			

- ③ Установите реостатом силу тока в цепи $I = 0,3$ А.
 ④ Измерьте напряжение на концах провода U .
 ⑤ Вычислите сопротивление провода R по формуле $R = U/I$.
 ⑥ Повторите опыт, натянув между теми же стойками провод из константана диаметром 0,35 мм.
 ⑦ Сравните значения сопротивлений проводов одинаковой длины и диаметра из разных материалов
 ⑧ Сделайте вывод о зависимости сопротивления провода от материала, из которого он изготовлен.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений и вычислений:

Материал провода	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
Нихром	0,3	2,35	7,8
Константан	0,3	0,9	3

3. Сопротивление провода из нихрома 7,8 Ом, из константана – 3 Ом.

4. Вывод: сопротивление провода зависит от материала, из которого он изготовлен.

Указание экспертам

Достаточным является верный общий вывод о зависимости сопротивления провода от его материала.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменив количество контактных стоек на монтажной панели. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

**Задание № 2**

Используя батарею гальванических элементов, провода из нихрома и константана одинакового диаметра, амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В, ключ, реостат, монтажную панель, контактные стойки и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость электрического сопротивления провода от его материала.

Характеристика оборудования:

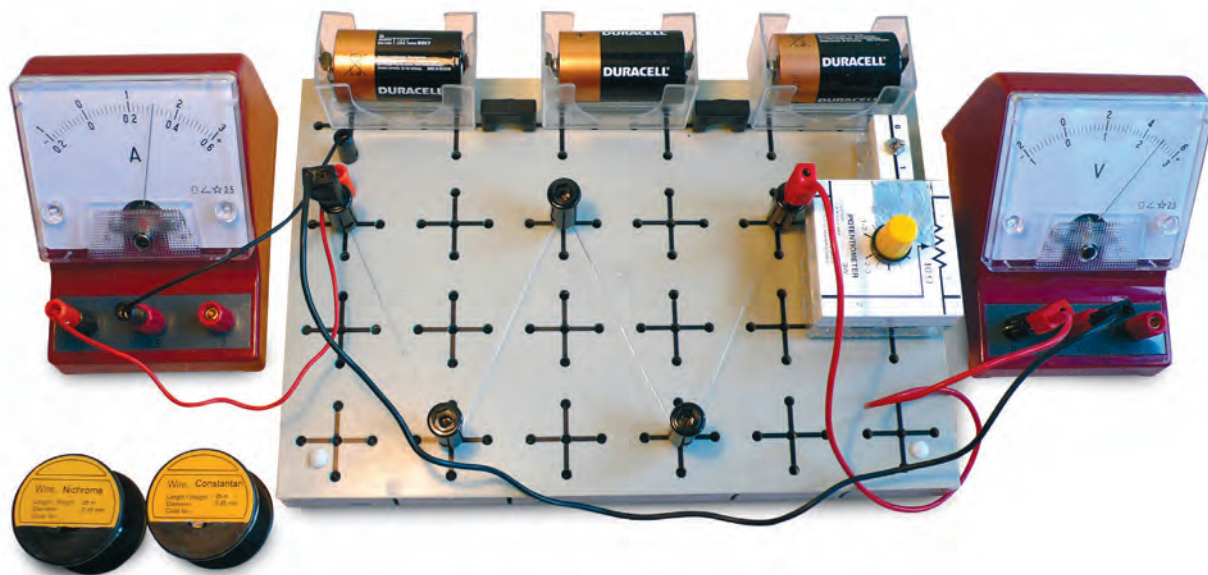
1	Батарея из трех элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
5	Провод константановый диаметром 0,35 мм
6	Провод нихромовый диаметром 0,35 мм
7	Ключ
8	Монтажная панель
9	Контактные стойки
10	Соединительные провода

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерения напряжения и силы тока;
- укажите значение сопротивления проводов равной длины и диаметра из нихрома и константана.
- сформулируйте вывод о зависимости сопротивления провода от материала, из которого он изготовлен.

Порядок выполнения задания:

- 1 Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.



Установите на монтажной панели не менее пяти контактных стоек и натяните между ними нихромовый провод диаметром 0,35 мм.

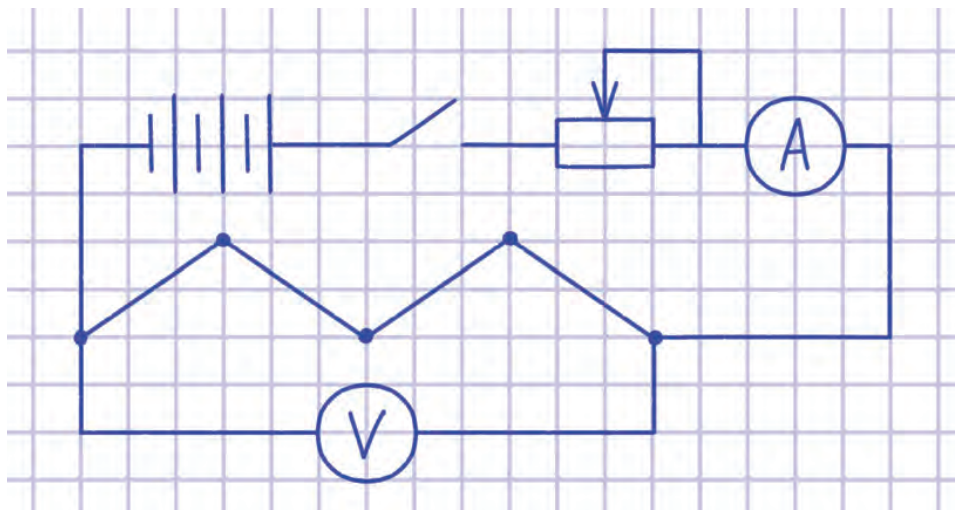
- 2 Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Материал провода	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
Нихром			
Константан			

- 3 Установите реостатом силу тока в цепи $I = 0,2$ А.
- 4 Измерьте напряжение на концах провода U .
- 5 Вычислите сопротивление провода R по формуле $R = U/I$.
- 6 Повторите опыт, натянув между теми же стойками провод из константана диаметром 0,35 мм.
- 7 Сравните значения сопротивлений проводов одинаковой длины и диаметра из разных материалов
- 8 Сделайте вывод о зависимости сопротивления провода от материала, из которого он изготовлен.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений и вычислений:

Материал провода	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
Нихром	0,2	1,6	8
Константан	0,2	0,6	3

3. Сопротивление провода из нихрома 8 Ом, из константана – 3 Ом.

4. Вывод: сопротивление провода зависит от материала, из которого он изготовлен.

Указание экспертам

Достаточным является верный общий вывод о зависимости сопротивления провода от его материала.

Ученики вправе предложить иной вариант проведения опыта, например, изменив количество контактных стоек на монтажной панели. При этом необходимо учесть, что специфика выбранного варианта проведения эксперимента должна быть отражена во всех пунктах, внесенных в бланк ответа.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ
ОДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ
ОТ ДРУГОЙ С ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ
В ВИДЕ ГРАФИКА ИЛИ ТАБЛИЦЫ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ ОТ СИЛЫ НОРМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Цель опыта:

Определить, зависит ли сила трения при горизонтальном скольжении от силы, с которой одно тело давит на поверхность другого.



Задание

Используя металлический брусок, две грани которого покрыты резиной, динамометр с пределом измерения 3 Н, набор грузов и лист бумаги, соберите экспериментальную установку и измерьте силу трения при горизонтальном скольжении бруска по бумаге при разном количестве закрепленных на нем грузов.

Характеристика оборудования:

1	Металлический брусок, две поверхности которого покрыты резиной
2	Динамометр с пределом измерения 3 Н
3	Набор грузов по 50 г
4	Лист бумаги

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерений силы нормального давления и силы трения в виде таблицы;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления.

Порядок выполнения задания:

- 1 Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Вес бруска с грузами P , Н	Сила трения $F_{тр}$, Н
1		
2		
3		

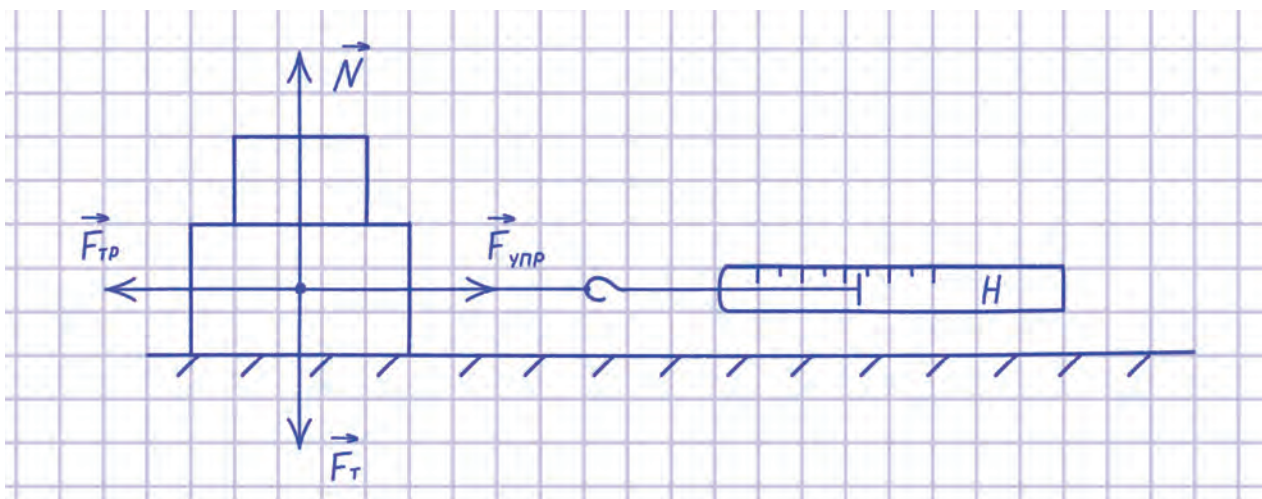
- 2 Закрепите на бруске один груз. Измерьте вес бруска с одним грузом.
- 3 Соберите установку, как показано на рисунке.
Положите брусок с закрепленным грузом на лист бумаги и прикрепите к его крючку динамометр.
- 4 Измерьте силу трения бруска о бумагу, равномерно перемещая его, потянув за динамометр.



- 5 Повторите опыт дважды, прикрепляя к бруску поочередно два и три груза.
- 6 Сравните полученные значения сил трения и сделайте и запишите вывод о зависимости силы трения от силы нормального давления.

Образец возможного выполнения задания:

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Результаты измерений

№	Вес бруска с грузами Р, Н	Сила трения F _{тр} , Н
1	1,3	0,6
2	1,8	0,8
3	2,3	1,0

3. Вывод: при скольжении бруска по горизонтальной поверхности с увеличением его веса, а, следовательно, и силы нормального давления на поверхность, сила трения увеличивается.

Указание экспертам

При определении веса тела и силы трения использовался динамометр с ценой деления 0,1 Н.

Следовательно, абсолютные погрешности измерения веса и силы трения составят:

$$\Delta P = \pm 0,1 \text{ Н и } \Delta F_{\text{тр}} = \pm 0,1 \text{ Н.}$$

Возможные значения измеряемых величин могут находиться в пределах:

№	Вес бруска с грузами P , Н	Сила трения $F_{\text{тр}}$, Н
1	$1,3 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$
2	$1,8 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,1$
3	$2,3 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$

Поскольку интервалы возможных значений силы трения, полученные в трех опытах, не перекрываются, вывод можно считать обоснованным.

Вывод о виде функциональной зависимости (прямой пропорциональности) между силой трения и силой нормального давления не является обязательным.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРУЖИНЫ ОТ СИЛЫ

Цель опыта:

Определить, как зависит растяжение пружины при ее продольной деформации от силы, которая эту деформацию вызывает.



Задание № 1

Используя штатив, пружину жесткостью 10 Н/м, динамометр с пределом 1,5 Н, набор грузов по 50 г и рулетку, соберите экспериментальную установку и исследуйте, как меняется растяжение пружины в зависимости от веса подвешиваемых к ней грузов.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Набор из трех грузов массой по 50 г
3	Пружина жесткостью 10 Н/м
4	Рулетка

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерений длины недеформированной и деформированной пружины, ее растяжения под действием трех грузов разного веса;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости растяжения пружины от приложенной силы.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.

Подвесьте на штативе пружину и динамометр. К стержню штатива прикрепите два указателя и отметьте ими начало и конец нерастянутой пружины

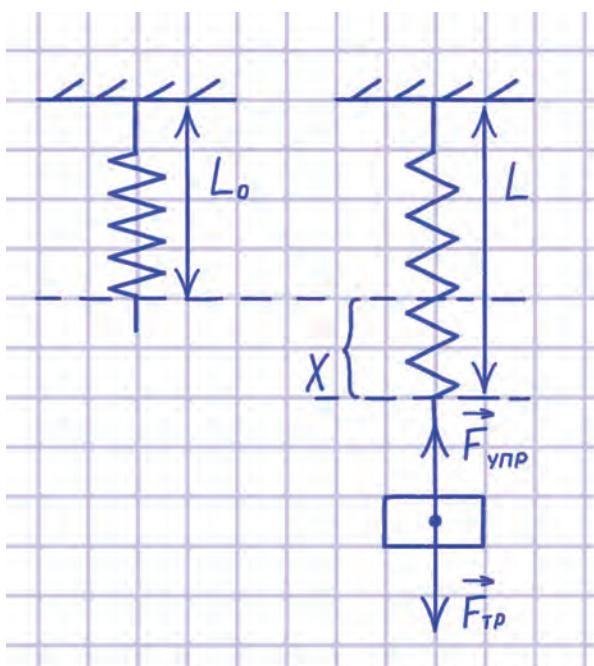
- 2 Зарисуйте экспериментальную установку
- 3 Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№	P, Н	L ₀ , м	L, м	X, м
1				
2				
3				

- 4 Измерьте длину нерастянутой пружины L₀.
- 5 Измерьте вес одного груза P.
- 6 Подвесьте груз к пружине. Измерьте длину растянутой пружины L.
- 7 Повторите опыт дважды, подвешивая к пружине поочередно два и три груза.
- 8 Вычислите растяжение пружины для каждого опыта по формуле: $X = L - L_0$.
- 9 Сформулируйте на основании полученных данных и запишите вывод о зависимости растяжения пружины от величины приложенной силы.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Таблица:

№	P, Н	L ₀ , м	L, м	X, м
1	0,5	0,07	0,12	0,05
2	1		0,172	0,102
3	1,5		0,223	0,153

3. Вывод: деформация пружины зависит от приложенной силы. Деформация тем больше, чем больше значение силы, которая ее вызывает.

Указание экспертам

При измерении веса груза используется динамометр с ценой деления 0,05 Н. Следовательно, абсолютная погрешность в измерении веса груза составит: $\Delta P = \pm 0,05$ Н.

При измерении длины пружины использовалась рулетка с ценой деления 1 мм. Длина пружины определялась по разности координат ее начала и конца, каждая из которых определялась с точностью ± 1 мм. При этом абсолютная погрешность измерения длины составляет $\Delta L = \pm 2$ мм. Следовательно, абсолютная погрешность значения растяжения пружины, определяемая как разность двух длин, $\Delta X = \pm 4$ мм.

Таким образом, полученные с использованием данного оборудования результаты измерения могут находиться в границах следующих интервалов:

№	P, Н	L ₀ , м	L, м	X, м
1	0,5 ± 0,05	0,07 ± 0,002	0,12 ± 0,002	0,05 ± 0,004
2	1 ± 0,05		0,172 ± 0,002	0,102 ± 0,004
3	1,5 ± 0,05		0,223 ± 0,002	0,153 ± 0,004

Поскольку интервалы возможных значений деформаций не перекрываются, можно утверждать, что для разных грузов они действительно отличаются, и сделанный вывод справедлив.

Вывод о виде функциональной зависимости (прямой пропорциональности) между деформацией и приложенной силой не является обязательным.

**Задание № 2**

Используя штатив, пружину жесткостью 25 Н/м, динамометр с пределом 3 Н, набор грузов по 50 г и рулетку, соберите экспериментальную установку и исследуйте, как меняется растяжение пружины в зависимости от веса подвешиваемых к ней грузов.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Набор из пяти грузов массой по 50 г
3	Пружина жесткостью 25 Н/м
4	Рулетка

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерений длины недеформированной и деформированной пружины, ее растяжения под действием трех грузов разного веса;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости растяжения пружины от приложенной силы.

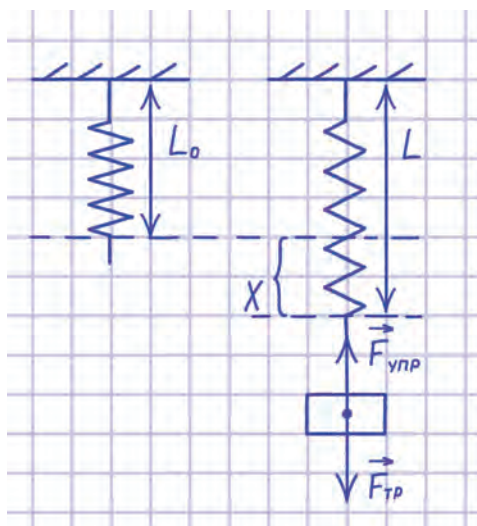


Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
Подвесьте на штативе пружину и динамометр. К стержню штатива прикрепите два указателя и отметьте ими начало и конец нерастянутой пружины.
- ❷ Зарисуйте экспериментальную установку
- ❸ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

№	P, Н	L ₀ , м	L, м	X, м
1				
2				
3				

- ❹ Измерьте длину нерастянутой пружины L₀.
- ❺ Измерьте вес одного груза P.
- ❻ Подвесьте груз к пружине. Измерьте длину растянутой пружины L.
- ❼ Повторите опыт дважды, подвешивая к пружине поочередно два и три груза.
- ❽ Вычислите растяжение пружины для каждого опыта по формуле: $X = L - L_0$.
- ❾ Сформулируйте на основании полученных данных и запишите вывод о зависимости растяжения пружины от величины приложенной силы.



Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. Таблица:

№	P, Н	L ₀ , м	L, м	X, м
1	1,2	0,07	0,113	0,043
2	1,7		0,134	0,064
3	2,2		0,156	0,086

3. Вывод: деформация пружины зависит от приложенной силы. Деформация тем больше, чем больше значение силы, которая ее вызывает.

Указание экспертам

При измерении веса груза используется динамометр с ценой деления 0,1 Н. Следовательно, абсолютная погрешность в измерении веса груза составит: $\Delta P = \pm 0,1$ Н.

При измерении длины пружины использовалась рулетка с ценой деления 1 мм, длина пружины определялась по разности координат ее начала и конца, каждая из которых определялась с точностью ± 1 мм. При этом абсолютная погрешность измерения длины составляет $\Delta L = \pm 2$ мм. Следовательно, абсолютная погрешность значения растяжения пружины, определяемая как разность двух длин, $\Delta X = \pm 4$ мм.

Таким образом, полученные с использованием данного оборудования результаты измерения могут находиться в границах следующих интервалов:

№	P, Н	L ₀ , м	L, м	X, м
1	$0,5 \pm 0,1$	$0,07 \pm 0,002$	$0,113 \pm 0,002$	$0,043 \pm 0,004$
2	$1 \pm 0,1$		$0,134 \pm 0,002$	$0,064 \pm 0,004$
3	$1,5 \pm 0,1$		$0,156 \pm 0,002$	$0,086 \pm 0,004$

Поскольку интервалы возможных значений деформаций не перекрываются, можно утверждать, что для разных грузов они действительно отличаются, и сделанный вывод справедлив.

Вывод о виде функциональной зависимости (прямой пропорциональности) между деформацией и приложенной силой не является обязательным.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА НА НИТИ ОТ ДЛИНЫ

Цель опыта:

Экспериментально доказать и исследовать зависимость периода колебаний маятника на нити от его длины.



Задание

Используя штатив, шарик на нити, рулетку и секундомер, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость периода свободных колебаний маятника на нити от его длины.

Характеристика оборудования:

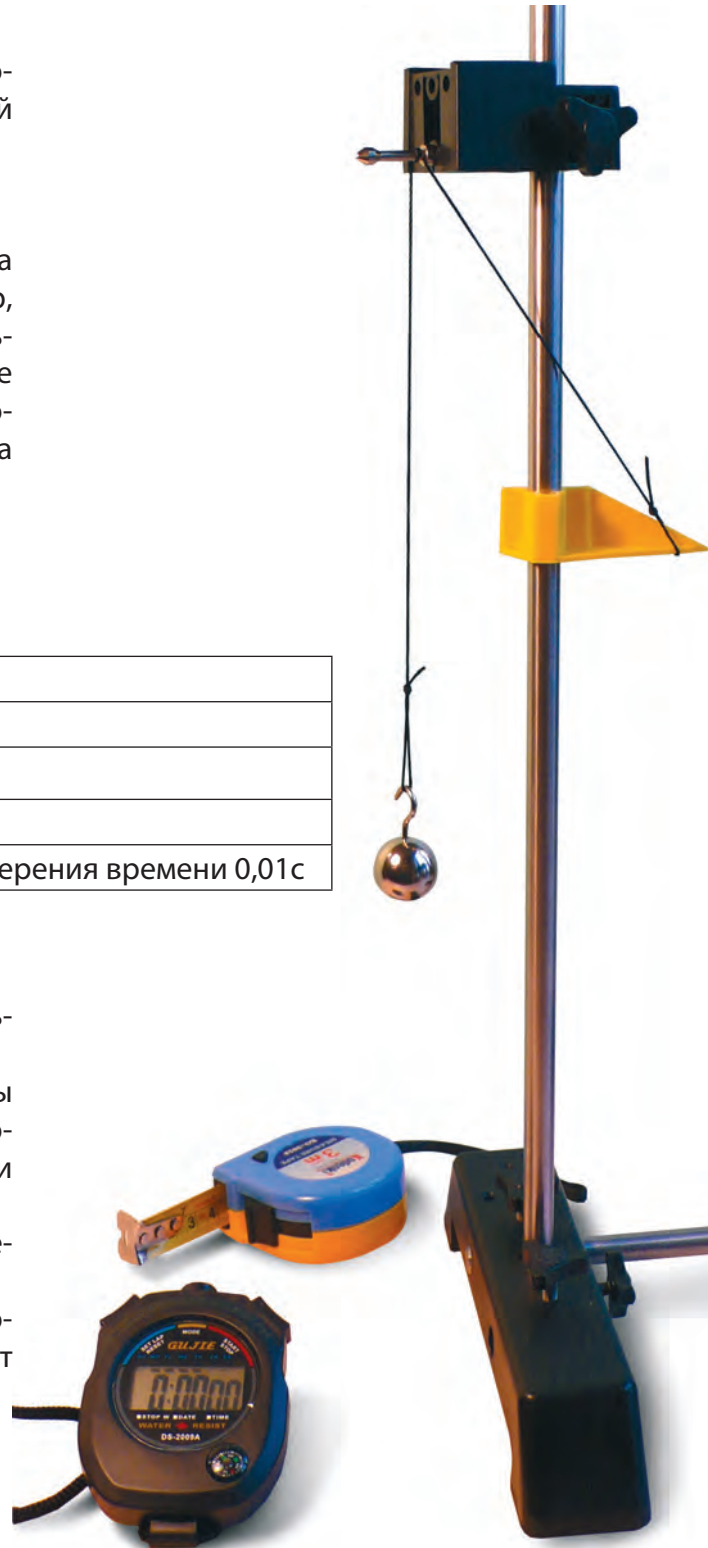
1	Штатив с набором деталей
2	Шарик с крючком
3	Нить
4	Рулетка с ценой деления 1мм
5	Секундомер с дискретностью измерения времени 0,01с

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерения времени 30 полных колебаний маятников длиной 50, 25 и 15 см;
- 3) запишите значения периодов колебаний трех маятников;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.



Отрегулируйте длину нити так, чтобы расстояние от точки подвеса до центра шарика составило 50 см.

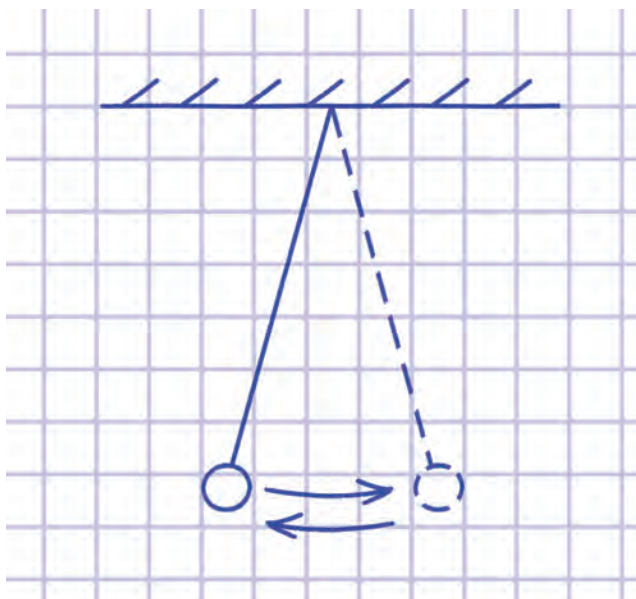
- 2 Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 3 Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

Длина маятника, м	0,15	0,25	0,5
Время 30 колебаний, с			
Среднее время 30 колебаний, с			
Период колебания, с			

- 4 Измерьте время 30 полных колебаний.
- 5 Повторите опыт с маятниками длиной 15 и 25 см.
- 6 Найдите среднее значение времени колебаний каждого маятника t_{cp} .
- 7 Вычислите периоды колебаний маятников по формуле: $T = t_{cp} / 30$.
- 8 Сформулируйте на основании полученных данных и запишите вывод о зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Результаты измерений и вычислений:

Длина маятника, м	0,15	0,25	0,5
Время 30 колебаний, с	23,66	30,19	42,54
	23,53	30,13	42,61
	23,34	30,22	42,65
Среднее время 30 колебаний, с	23,51	30,18	42,6
Период колебания, с	0,78	1,01	1,42

3. **Вывод:** период колебаний маятника на нити зависит от его длины. Чем больше длина маятника, тем больше его период колебаний.

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с.

Тогда относительная погрешность значения периода составит $\Delta T = \pm (0,4/30) \text{ с} \approx 0,01 \text{ с}$.

Следовательно, значения периодов маятников могут находиться в пределах:

Длина маятника, м	0,15	0,25	0,5
Период колебания, с	$0,78 \pm 0,01$	$1,01 \pm 0,01$	$1,42 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений периодов не перекрываются, можно утверждать, что для разной длины маятников они действительно отличаются, и сделанный вывод справедлив.

Вывод о виде функциональной зависимости (непрямой пропорциональности) между периодом маятника и приложенной силой не является обязательным.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА НА ПРУЖИНЕ ОТ ЖЕСТКОСТИ



Цель опыта:

Определить, как зависит период колебаний пружинного маятника от жесткости пружин, сравнив периоды колебаний двух маятников с разными пружинами.



Задание № 1

Используя штатив, пружины жесткостью 10 Н/м и 25 Н/м, набор из трех грузов по 50 г и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от жесткости пружины.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Пружина жесткостью 10 Н/м
3	Пружина жесткостью 25 Н/м
4	Груз 3 × 50 г
5	Секундомер

В бланке ответов:

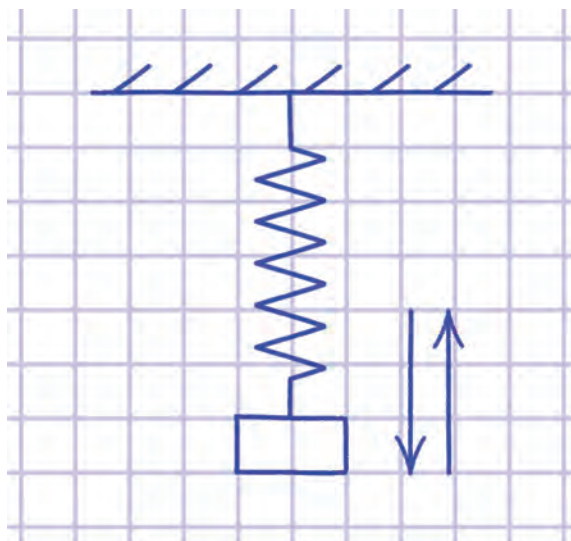
- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчета периода колебаний маятника;
- 3) укажите в виде таблицы результаты измерений времени 30 полных колебаний пружинных маятников жесткостью 10 Н/м и 25 Н/м;

Жесткость пружины, Н/м	10	25
Время 30 колебаний, с		
Среднее значение времени 30 колебаний, с		
Период колебаний, с		

- 4) Повторите опыт с маятниками по три раза и вычислите среднее время колебаний каждой пружины;
- 5) Вычислите и занесите в таблицу период колебаний каждого маятника;
- 6) Сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от жесткости пружины.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте три раза время 30 полных колебаний маятника жесткостью 10 Н/м. Значения времени занесите в таблицу. Вычислите среднее значение времени. Вычислите период колебаний маятника.
- ❸ Повторите опыт с маятником жесткостью 25 Н/м.
- ❹ На основании полученных данных сформулируйте вывод о



Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. $T = t/N$
3. Таблица:

Жесткость пружины, Н/м	10	25
Время 30 колебаний, с	22,28	15,95
	22,27	15,98
	22,29	16,07
Среднее значение времени 30 колебаний, с	22,28	16
Период колебаний, с	0,74	0,53

4. Вывод: при увеличении жесткости пружины маятника период колебаний уменьшается.

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность периода равна $\Delta T = \pm (0,4:30) \text{ с} \approx \pm 0,01 \text{ с}$.

Следовательно, значения периодов должны попадать в интервалы:

Жесткость пружины, Н/м	10	25
Период колебаний, с	$0,74 \pm 0,01$	$0,53 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений периодов не перекрываются, можно утверждать, что для разных пружин они действительно отличаются, и сделанный вывод справедлив.



Задание № 2

Используя штатив, пружины жесткостью 10 Н/м и 25 Н/м, набор из пяти грузов по 50 г и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от жесткости пружины.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Пружина жесткостью 10 Н/м
3	Пружина жесткостью 25 Н/м
4	Груз 5 × 50 г
5	Секундомер

В бланке ответов:

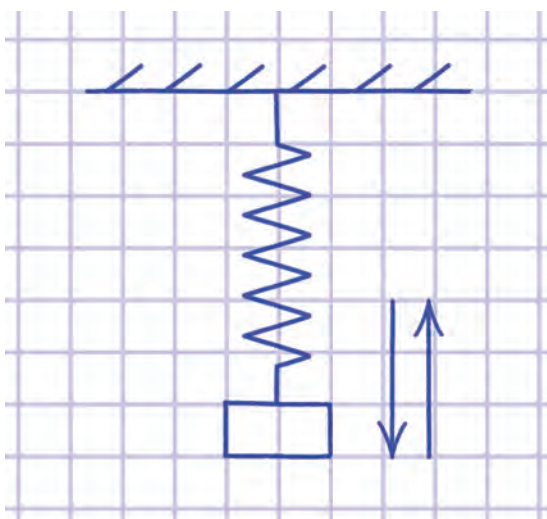
- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) Запишите формулу для расчета периода колебаний маятника;
- 3) Укажите в виде таблицы результаты измерений времени 30 полных колебаний пружинных маятников жесткостью 10 Н/м и 25 Н/м.

Жесткость пружины, Н/м	10	25
Время 30 колебаний, с		
Среднее значение времени 30 колебаний, с		
Период колебаний, с		

- 4) Повторите опыт с маятниками по три раза и вычислите среднее время колебаний каждой пружины;
- 5) Вычислите и занесите в таблицу период колебаний каждого маятника;
- 6) Сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от жесткости пружины.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте три раза время 30 полных колебаний маятника жесткостью 10 Н/м. Значения времени занесите в таблицу. Вычислите среднее значение времени. Вычислите период колебаний маятника.
- ❸ Повторите опыт с маятником жесткостью 25 Н/м
- ❹ На основании полученных данных сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от жесткости его пружины.



Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2. $T = t/N$
3. Таблица

Жесткость пружины, Н/м	10	25
Время 30 колебаний, с	29,51	19,23
	29,48	19,25
	29,51	19,27
Среднее значение времени 30 колебаний, с	29,5	19,25
Период колебаний, с	0,98	0,64

4. Вывод. При увеличении жесткости пружины маятника период колебаний уменьшается.

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность периода равна: $\Delta T = \pm (0,4:30) \text{ с} \approx \pm 0,01 \text{ с}$.

Следовательно, значения периодов должны попадать в интервалы:

Жесткость пружины, Н/м	10	25
Период колебаний, с	$0,98 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений периодов не перекрываются можно утверждать, что для разных пружин они действительно отличаются, и сделанный вывод справедлив.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА НА ПРУЖИНЕ ОТ МАССЫ



Цель опыта:

Определить, как зависит период колебаний пружинного маятника от массы, сравнив периоды колебаний маятников с разными грузами.



Задание № 1

Используя штатив, пружину жесткостью 10 Н/м , набор грузов по 50 г и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от массы груза.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Набор грузов массой по 50 г
3	Пружина жесткостью 10 Н/м
4	Секундомер

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерений времени 30 колебаний маятников с массами грузов $0,05 \text{ кг}$; $0,1 \text{ кг}$; $0,15 \text{ кг}$; $0,2 \text{ кг}$ и $0,25 \text{ кг}$ в виде таблицы, указав число колебаний;
- вычислите период колебаний для каждого груза. Результат занесите в таблицу:

Масса груза маятника, кг	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Время 30 колебаний, с					
Среднее значение времени 30 колебаний, с					
Период колебаний, с					

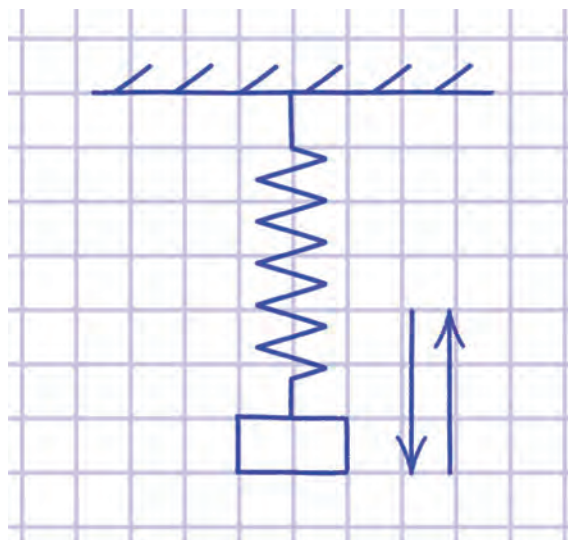
4) сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от массы груза.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте три раза время 30 полных колебаний маятника с грузом массой 0,05 кг. Значения времени занесите в таблицу. Вычислите среднее значение времени. Вычислите период колебаний маятника.
- ❸ Повторите опыт с грузами в 0,1 кг; 0,15 кг; 0,2 кг и 0,25 кг.
- ❹ На основании полученных данных сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от жесткости его пружины.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Таблица

Масса груза маятника, кг	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Время 30 колебаний, с	14,95	17,71	22,26	26,21	29,56
	15,02	17,69	22,28	26,19	29,56
	15,03	17,64	22,30	26,14	29,59
Среднее время 30 колебаний, с	15	17,68	22,28	26,18	29,57
Период колебаний, с	0,5	0,59	0,74	0,87	0,99

3. Вывод: при увеличении массы груза период маятника увеличивается.

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность периода равна: $\Delta T = \pm (0,4:30) \text{ с} \approx \pm 0,01 \text{ с}$.

Следовательно, значения периодов должны попадать в интервалы:

Масса груза маятника, кг	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Период колебаний, с	$0,5 \pm 0,01$	$0,59 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,01$	$0,87 \pm 0,01$	$0,99 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений периодов не перекрываются, можно утверждать, что для разных грузов они действительно отличаются и сделанный вывод справедлив.

**Задание № 2**

Используя штатив, пружину жесткостью 25 Н/м, набор грузов по 50 г и секундомер, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от массы груза.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Набор грузов массой по 50 г
3	Пружина жесткостью 25 Н/м
4	Секундомер

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерений времени 30 колебаний маятников с массами грузов 0,05 кг; 0,1 кг; 0,15 кг; 0,2 кг и 0,25 кг в виде таблицы, указав число колебаний
- вычислите период колебаний для каждого груза. Результат занесите в таблицу:

Масса груза маятника, кг	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Время 30 колебаний, с					
Среднее значение времени 30 колебаний, с					
Период колебаний, с					

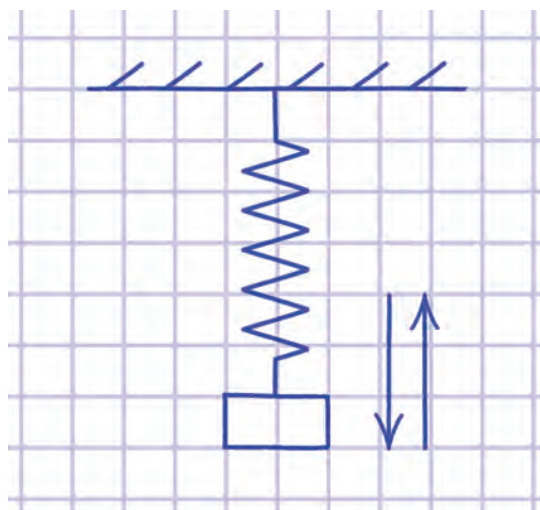
4) сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от массы груза.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❷ Измерьте три раза время 30 полных колебаний маятника с грузом массой 0,05 кг. Значения времени занесите в таблицу. Вычислите среднее значение времени. Вычислите период колебаний маятника.
- ❸ Повторите опыт с грузами в 0,1 кг; 0,15 кг; 0,2 кг и 0,25 кг.
- ❹ На основании полученных данных сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от жесткости его пружины.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Таблица

Масса груза маятника, кг	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Время 30 колебаний, с	8,29	13,01	15,88	17,02	19,29
	8,30	13,02	15,87	16,97	19,30
	8,33	13,06	15,89	17,01	19,34
Среднее значение времени 30 колебаний, с	8,31	13,03	15,87	17	19,31
Период колебаний, с	0,28	0,43	0,53	0,57	0,64

3. Вывод: при увеличении массы груза период маятника увеличивается.

Указание экспертам

Погрешность измерения времени с учетом психомоторной реакции на нажатие кнопки секундомера при его включении и выключении составит не менее 0,4 с. Тогда относительная погрешность периода равна: $\Delta T = \pm (0,4:30) \text{ с} \approx \pm 0,01 \text{ с}$.

Следовательно, значения периодов должны попадать в интервалы:

Масса груза маятника, кг	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Период колебаний, с	$0,28 \pm 0,01$	$0,43 \pm 0,01$	$0,53 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений периодов не перекрываются, можно утверждать, что для разных грузов они действительно отличаются, и сделанный вывод справедлив.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТОКА ЧЕРЕЗ ПРОВОДНИК ОТ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЕГО КОНЦАХ

Цель опыта:

Экспериментально установить, зависит ли сила тока в резисторе от приложенного к нему напряжения.

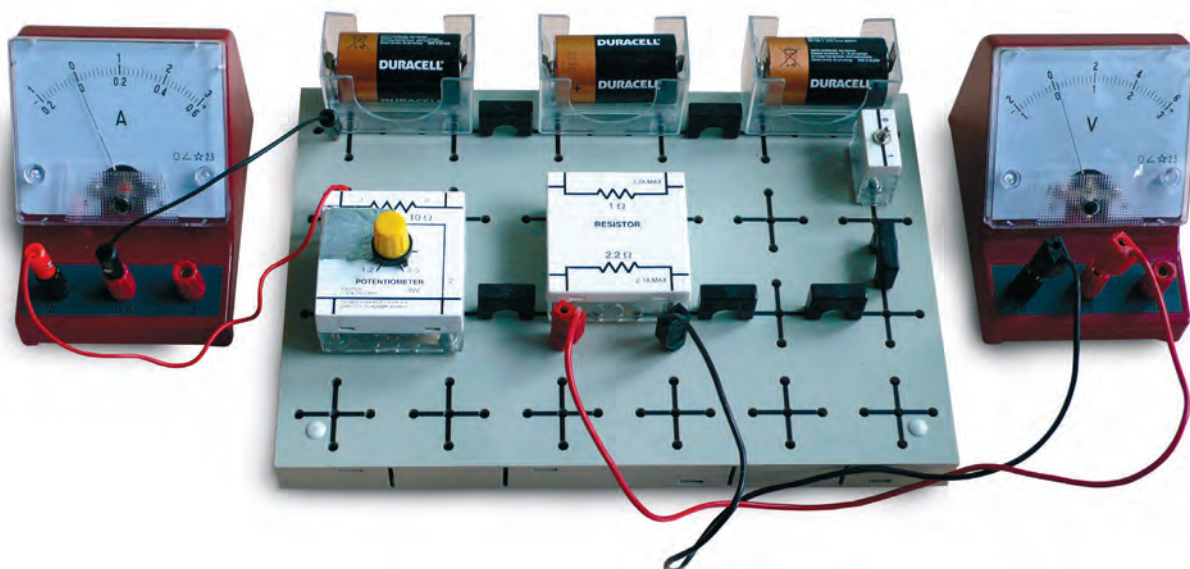


Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный) вольтметр с пределами измерения $-1 \div 0 \div 3\text{В}$, амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6\text{А}$, резистор $5,6\ \Omega$, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость силы тока через резистор от приложенного к нему напряжения.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из трех элементов по $1,5\ \text{В}$ (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5\ \text{В}$)
2	Реостат $10\ \Omega$
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6\ \text{А}$
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3\ \text{В}$
5	Резистор $5,6\ \Omega$
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода



В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока в резисторе при напряжении на его концах в 1,5 В, 2 В и 3 В;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.

Порядок выполнения задания:

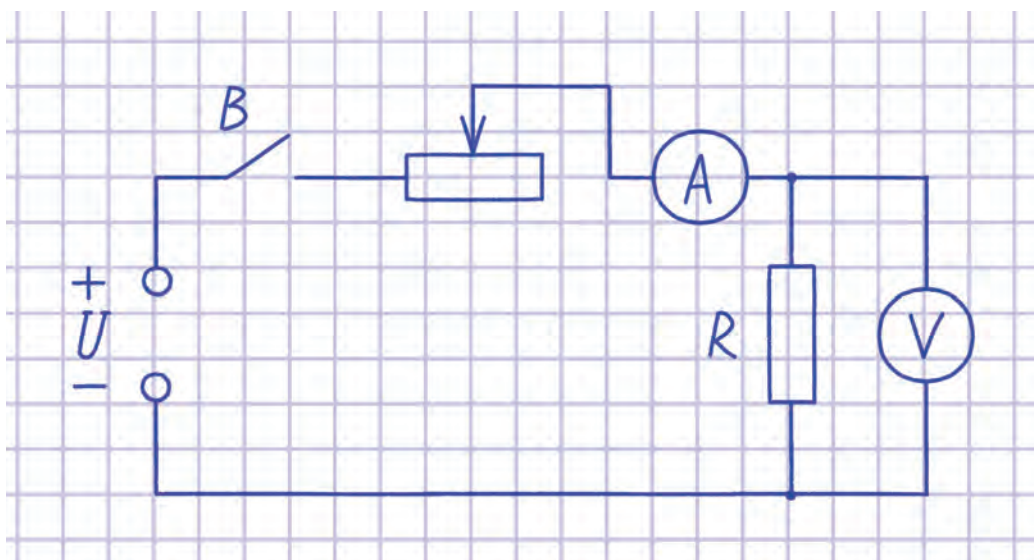
- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	1,5	
2	2	
3	3	

- ❸ Измерьте силу тока в резисторе при напряжении на его концах в 1,5 В, 2 В и 3 В. Напряжение на резисторе регулируйте реостатом.
- ❹ Сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения между его концами.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	1,5	0,24
2	2	0,33
3	3	0,5

3. Вывод: сила тока в резисторе увеличивается при увеличении напряжения, приложенного к его концам.

Указание экспертам

Поскольку задание не предполагает установления вида функциональной зависимости тока от напряжения, достаточным является верный вывод о качественной зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.



Задание № 2

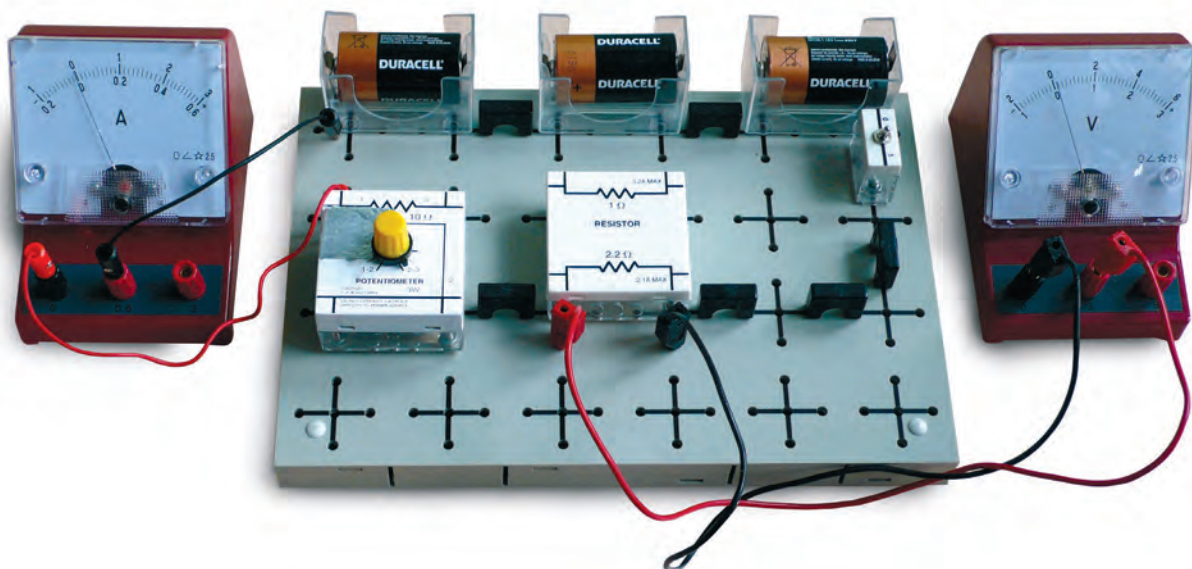
Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения $-1 \div 0 \div 3\text{В}$; амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6\text{А}$, резистор $8,2 \text{ Ом}$; реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость силы тока в резисторе от приложенного к нему напряжения.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из трех элементов по $1,5 \text{ В}$ (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5 \text{ В}$)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6\text{А}$
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3 \text{ В}$
5	Резистор $8,2 \text{ Ом}$
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока в резисторе при напряжении на его концах в 1 В , 2 В и 3 В ;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.



Порядок выполнения задания:

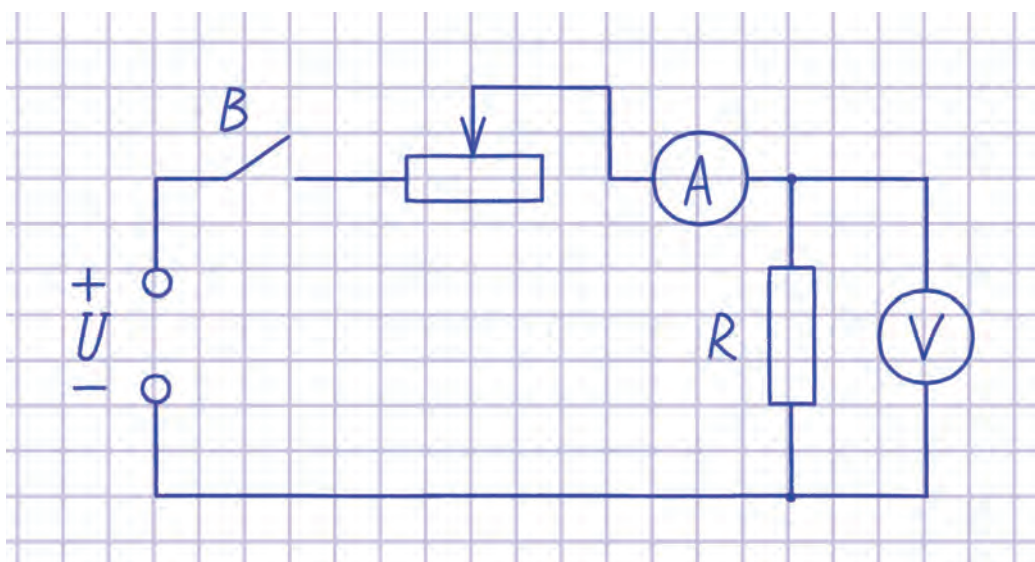
- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	1	
2	2	
3	3	

- ❸ Измерьте силу тока в резисторе при напряжении на его концах в 1 В; 2 В и 3 В. Напряжение на резисторе регулируйте реостатом.
- ❹ Сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения между его концами.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	1	0,12
2	2	0,24
3	3	0,36

3. Вывод: сила тока в резисторе увеличивается при увеличении напряжения, приложенного к его концам.

Указание экспертам

Поскольку задание не предполагает установления вида функциональной зависимости тока от напряжения, достаточным является верный вывод о качественной зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УГЛА ПРЕЛОМЛЕНИЯ ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ

Цель опыта:

Установить зависимость угла преломления луча света от угла его падения из воздуха на стекло.



Задание

Используя осветитель, источник тока, диафрагму с одной щелью, лимб, полуцилиндр из стекла, соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость угла преломления от угла падения света на стеклянную поверхность.

Характеристика оборудования:

1	Осветитель
2	Выпрямитель
3	Диафрагма с одной щелью
4	Линза собирающая
4	Стеклянный полуцилиндр
5	Лимб с ценой деления 10

В бланке ответов:

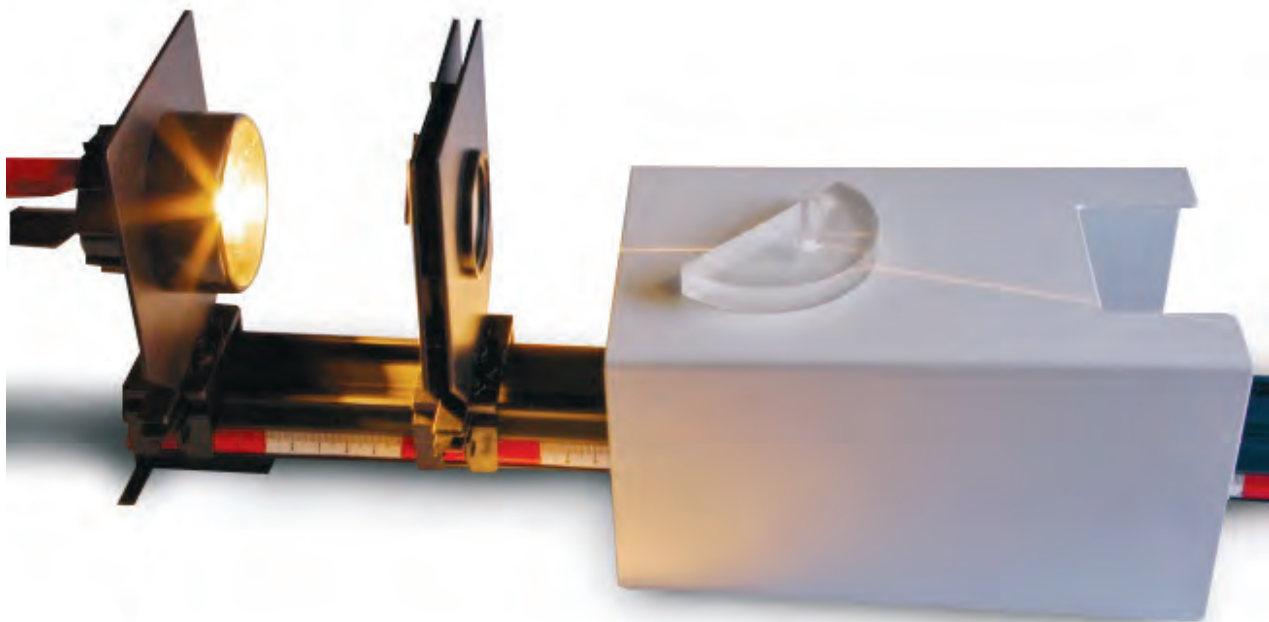
- 1) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 2) Укажите в виде таблицы значения углов преломления при прохождении света из стекла в воздух, соответствующих углам падения в 20° ; 30° и 60° .
- 3) Сформулируйте вывод о зависимости угла преломления от угла падения.

Порядок выполнения задания:

- 1) Соберите установку, как показано на рисунке.
- 2) Положите на лимб полуцилиндр так, чтобы центр лимба совместился с серединой его плоской грани, а плоская грань располагалась вдоль диагонали лимба.
- 3) Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- 4) Подготовьте таблицу для записи результатов измерений углов:

№	Угол падения $\alpha, ^\circ$	Угол преломления $\beta, ^\circ$
1		
2		
3		

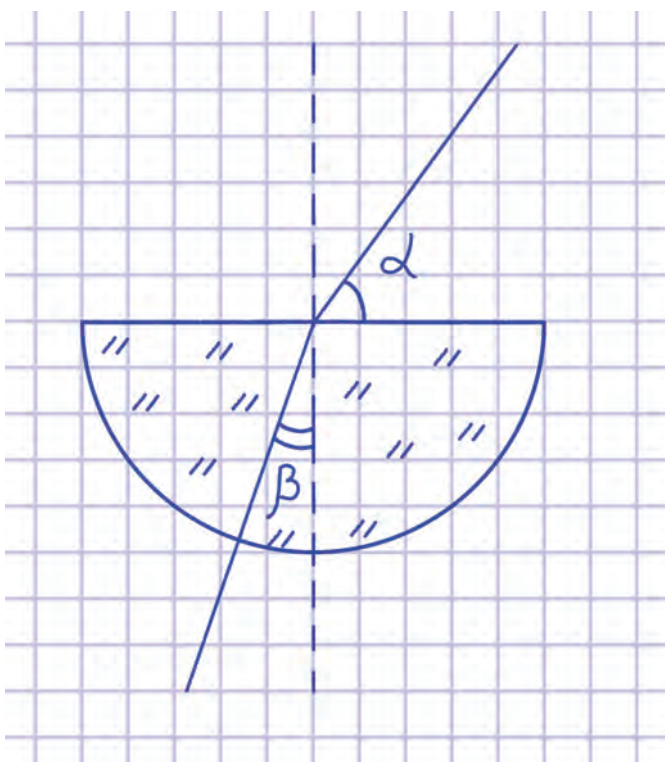
- 5) Сформируйте с помощью диафрагмы со щелью узкий луч света и направьте его на плоскую грань полуцилиндра.
- 6) Поворачивая лимб так, чтобы луч все время проходил через его центр, установите угол падения света на грань полуцилиндра в 20°
- 7) Измерьте угол преломления. Значения углов падения и преломления занесите в таблицу.



- 8 Повторите опыт при углах падения в 30° и 60° .
- 9 Сравните полученные значения углов падения и преломления и сделайте вывод о зависимости угла преломления от угла падения.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Результаты измерений углов:

№	Угол падения $\alpha,^\circ$	Угол преломления $\beta,^\circ$
1	20	14
2	30	20
3	60	36

3. **Вывод:** при прохождении света из воздуха в стекло угол преломления меньше угла падения. Угол преломления увеличивается при увеличении угла падения.

Зависимость угла преломления от угла падения не является прямо пропорциональной.

Указание экспертам

Основной причиной погрешностей измерений углов является расхожимость светового пучка, из-за чего ширина падающего пучка зависит от расстояния от осветителя до полуцилиндра, а также от угла падения на грань. Кроме того, погрешность может возникнуть при неточном совмещении середины грани полуцилиндра с центром лимба. Оба фактора приводят к тому, что количественный учет погрешности при использовании указанного оборудования невозможен.

Ответ считается достоверным, если указана качественная зависимость угла преломления от угла падения.

Вывод о функциональной зависимости угла преломления от угла падения не является обязательным.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОТ РАССТОЯНИЯ ОТ ЛИНЗЫ ДО ЭКРАНА

Цель опыта:

Определить зависимость размера действительного изображения предмета, полученного с помощью собирающей линзы на экране, от расстояния между линзой и экраном.



Задание

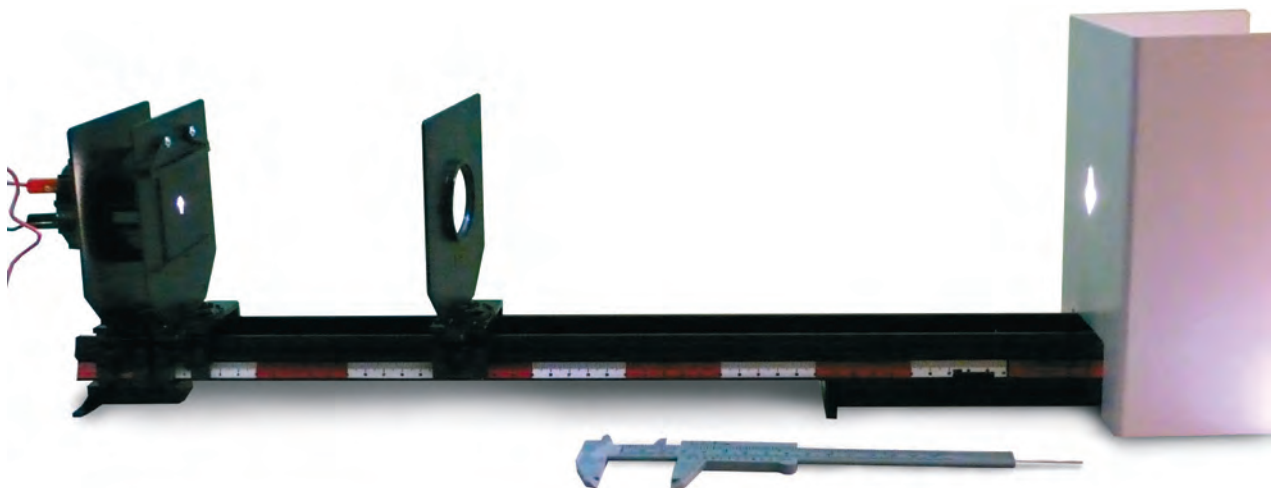
Используя оптическую скамью, источник света, источник электропитания, собирающую линзу с рейтером, диафрагму с отверстием в виде стрелки с рейтером и экран, соберите экспериментальную установку для получения действительного изображения стрелки на экране и исследуйте, как зависит размер изображения стрелки от расстояния от линзы до экрана.

Характеристика оборудования:

1	Скамья оптическая с ценой деления шкалы 1 мм
2	Линза собирающая с фокусным расстоянием 0,1 м
3	Диафрагма с отверстием в виде стрелки
4	Осветитель
5	Источник электропитания
6	Экран
7	Штангенциркуль
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите в виде таблицы результаты измерений размеров изображений стрелки на экране и значения расстояний между линзой и экраном, при которых они получены;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости размера изображения, создаваемого линзой на экране, от расстояния от экрана до линзы.



Порядок выполнения задания:

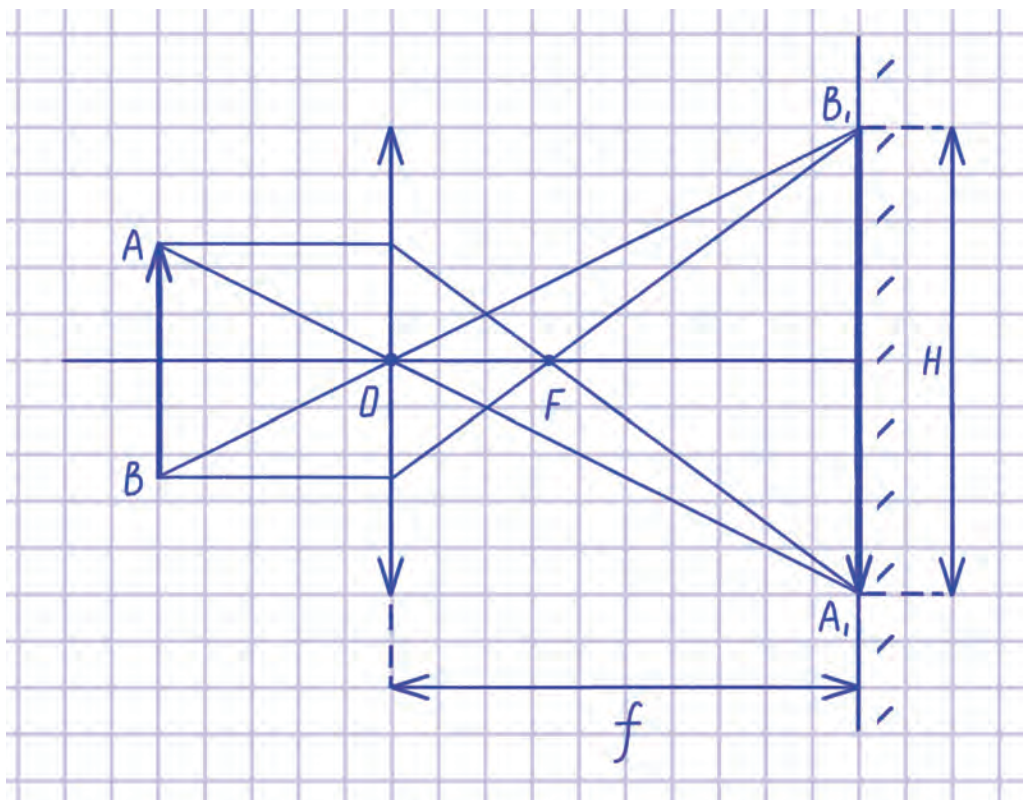
- ❶ Соберите установку для получения изображения предмета с помощью собирающей линзы.
Установите перед окном осветителя диафрагму с отверстием в виде стрелки.
- ❷ Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Расстояние до экрана f , мм				
Размер изображения H , мм				

- ❸ Включите источник света и получите на экране четкое изображение стрелки.
- ❹ Измерьте по шкале скамьи расстояние от линзы до экрана f .
- ❺ Измерьте штангенциркулем размер изображения H .
- ❻ Повторите эксперимент несколько раз при разных расстояниях f .
- ❼ Проанализируйте полученные данные измерений, сформулируйте и запишите вывод о зависимости размера изображения от расстояния между линзой и экраном.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Данные измерений размера изображения и расстояния от линзы до экрана:

Расстояние до экрана f , мм	285	315	345	375
Размер изображения H , мм	17	22	27	32

3. Вывод: размер действительного изображения, получаемого с помощью линзы на экране, зависит от расстояния между линзой и экраном: чем больше расстояние, тем боль-

ше размер изображения. Зависимость между размером изображения и расстоянием от линзы да экрана прямо пропорциональная.

Указание экспертам.

На достоверность результатов измерений влияет расстояние от диафрагмы до линзы, а также резкость получаемого изображения, которая при неизменном положении линзы на оптической скамье зависит от расстояния между линзой и экраном.

В силу указанных причин вывод считается достоверным, если указана качественная зависимость размера изображения от расстояния до экрана.

Вывод о прямой пропорциональности размера изображения расстоянию от линзы до экрана не является обязательным.

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИНЫ СТОЛБИКА ЖИДКОСТИ В ТРУБКЕ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель опыта:

Исследовать вид зависимости длины столбика жидкости в трубке от температуры.



Задание

Используя термометр, термометрическую трубку, линейку, штатив и сосуды с водой различной температуры, проверьте экспериментально справедливость утверждения о том, что длина столбика жидкости в трубке линейно зависит от ее температуры. Постройте график зависимости длины столбика жидкости от температуры.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с набором деталей
2	Термометр с ценой деления 1 °С
3	Термометрическая трубка
4	Линейка с ценой деления 1 мм
5	Сосуды с водой разной температуры

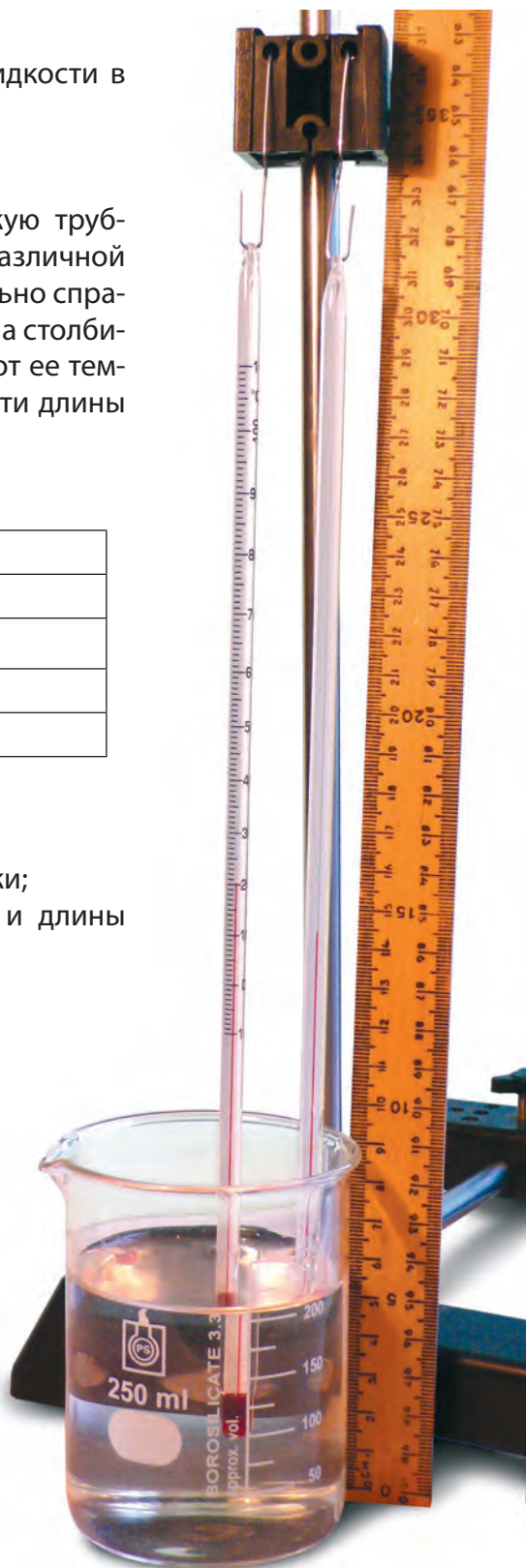
В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения температуры и длины столбика жидкости в виде таблицы и графика;
- сформулируйте вывод.

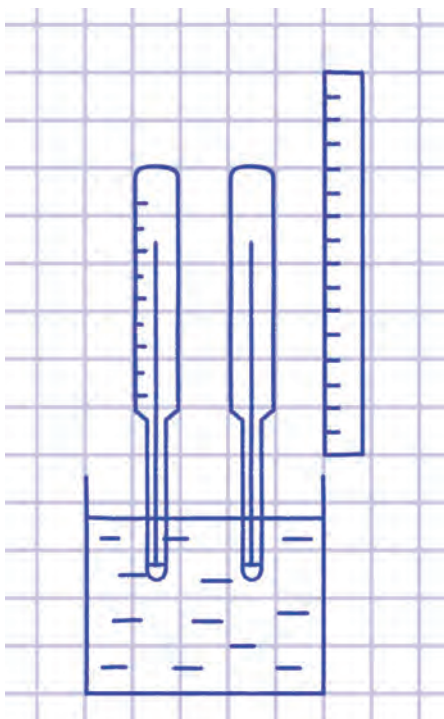
Порядок выполнения задания:

- Соберите экспериментальную установку, как показано на рисунке.
- Приготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Температура, °С	Длина столбика жидкости, мм
1		
2		
3		
4		
5		



- 3 Налейте в стакан воду комнатной температуры. Определите показание термометра и длину столбика жидкости в трубке.
- 4 Увеличьте температуру воды в стакане, добавив в него некоторое количество теплой воды, и повторите измерения температуры и длины столбика жидкости в трубке.
- 5 Повторите п. 4 еще три раза, добавляя в стакан теплую воду.
- 6 Занесите данные измерений в таблицу.
- 7 Используя полученные данные, постройте график зависимости длины столбика жидкости от температуры.
- 8 Сформулируйте и запишите вывод.

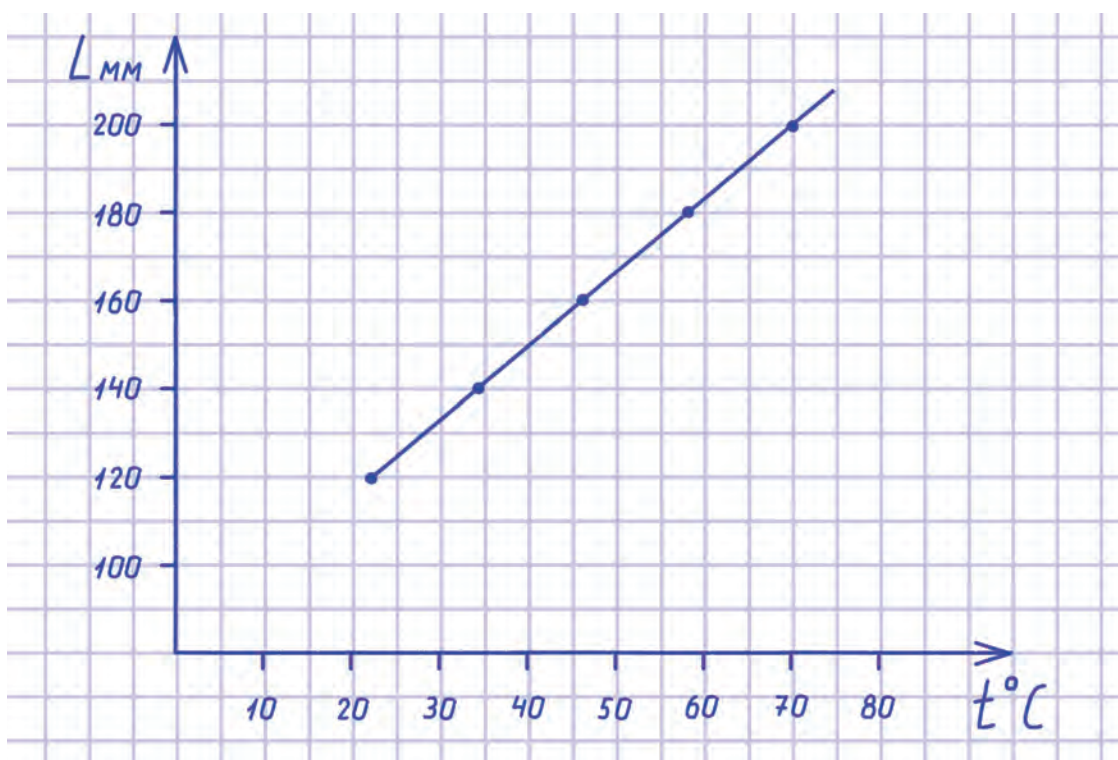


Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки.
2. Результаты измерений:

№	Температура, °C	Длина столбика жидкости, мм
1	22	120
2	34	140
3	46	160
4	58	180
5	70	200

3. График исследуемой зависимости:



4. Гипотеза о линейной зависимости длины столбика жидкости в трубке от температуры верна, так как она отображается на графике в виде наклонной прямой линии.

Указание экспертам

Абсолютная погрешность измерения температуры составляет $\pm 1^\circ\text{C}$.

Абсолютная погрешность измерения длины составляет ± 1 мм.

Следовательно, диапазон отклонений координат точек, по которым строился график, не должен превышать по горизонтальной оси $\pm 1^\circ\text{C}$, по вертикальной оси – ± 1 мм.

ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИНЫ СТОЛБИКА ЖИДКОСТИ В ТРУБКЕ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Цель опыта:

Определить зависимость от времени пути, пройденного телом при равноускоренном прямолинейном движении из состояния покоя.



Задание № 1

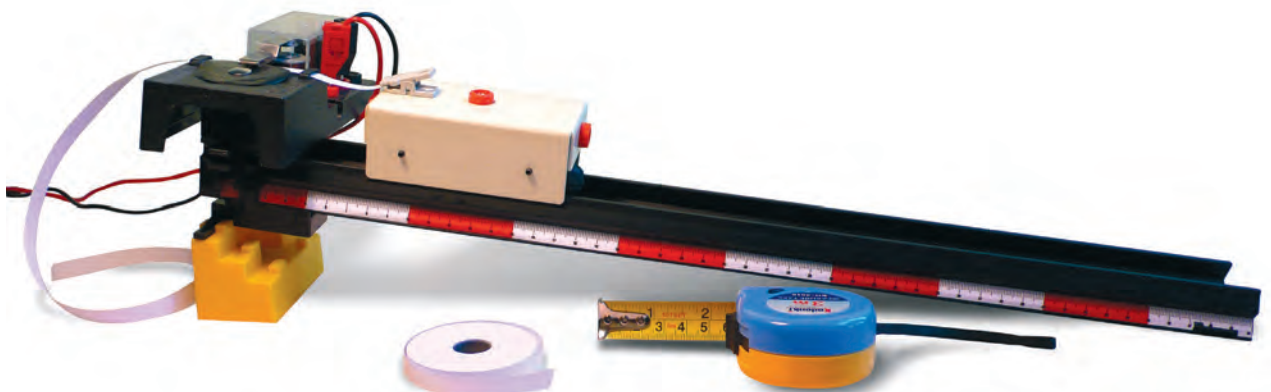
Используя электромагнитный отметчик, тележку, рельсовую направляющую, ступенчатую опору, соберите экспериментальную установку для изучения движения тележки по наклонной поверхности, установив направляющую на верхнюю ступень опоры, и исследуйте, как зависит путь, пройденный тележкой вдоль рельса из состояния покоя, от времени ее движения.

Характеристика оборудования:

1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Электромагнитный отметчик с периодом меток 0,02 с
3	Тележка
4	Рельсовая направляющая
5	Ступенчатая опора
6	Блок питания отметчика
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) представьте в виде таблицы результаты прямых измерений перемещений, совершенных тележкой за одинаковые промежутки времени по 0,2 с один за другим;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости пройденного пути от времени при равноускоренном движении тележки из состояния покоя.



Порядок выполнения задания:

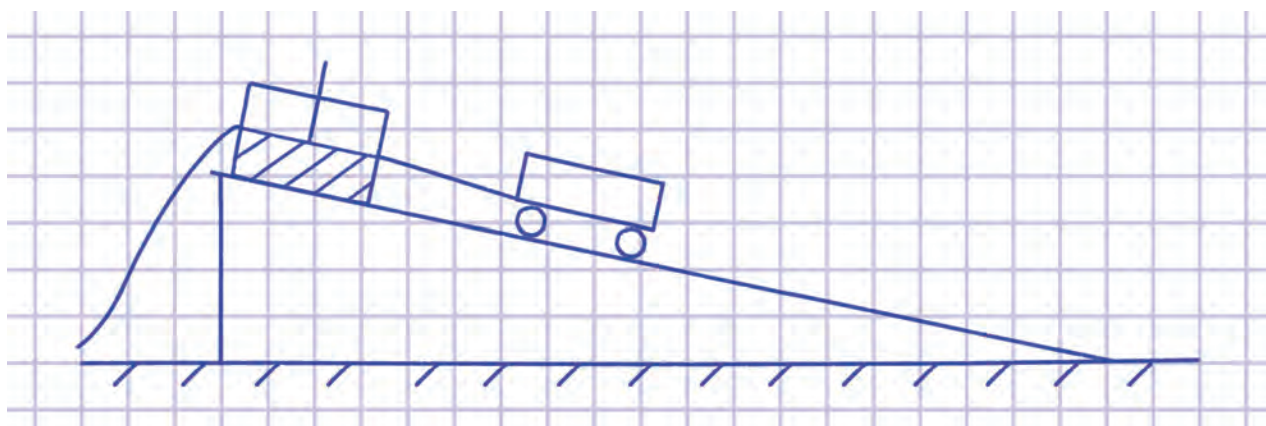
- ❶ Прикрепите к тележке отрезок бумажной ленты длиной 40 см.
- ❷ Соберите установку, как показано на рисунке.
- ❸ Подключите отметчик к блоку питания
- ❹ Поместите на верхний конец наклонной направляющей тележку и заправьте ленту в пазы отметчика.
- ❺ Удерживая тележку на месте, включите отметчик.
- ❻ Отпустите тележку.
- ❼ Измерьте по ленте перемещения, совершенные тележкой за промежутки времени по 0,2 с, следующие один за другим.
- ❽ Данные измерений представьте в виде таблицы:

Время движения, с	0,2	0,2	0,2	0,2
Перемещение, мм				

- ❾ Сформулируйте вывод о зависимости пути, пройденном при равноускоренном движении, от времени.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Таблица

Время движения, с	0,2	0,2	0,2	0,2
Перемещение, мм	23	46	69	97

3. **Вывод:** при равноускоренном движении из состояния покоя пути, пройденные телом за равные промежутки времени, следующие один за другим, увеличиваются. Чем дольше движется тело, тем больший путь оно проходит за одинаковые промежутки времени.

Указание экспертам

Основной причиной, не позволяющей получить на использованном оборудовании количественную зависимость пути от времени, из которой следовало бы утверждение о том, что пути, пройденные телом за последовательные равные промежутки времени при равноускоренном движении из состояния покоя, относятся как последовательность нечетных чисел (1:3:5...), является большая погрешность в измерении перемещения за первый временной интервал в 0,2 с.

Поэтому ответ считается достоверным, если указана качественная зависимость пути от времени при равноускоренном движении без начальной скорости.



Задание №2

Используя электромагнитный отметчик, тележку, рельсовую направляющую, ступенчатую опору, соберите экспериментальную установку для изучения движения тележки по наклонной поверхности, установив направляющую на нижнюю ступень опоры, и исследуйте, как зависит путь, пройденный тележкой вдоль рельса из состояния покоя, от времени ее движения.

Характеристика оборудования

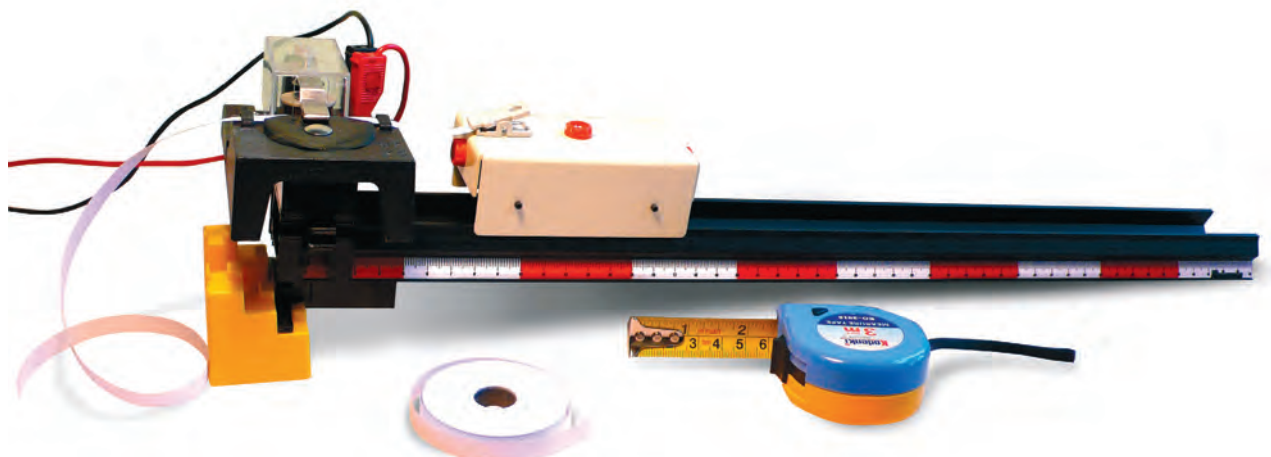
1	Штатив с муфтой и зажимом
2	Электромагнитный отметчик с периодом меток 0,02 с
3	Тележка
4	Рельсовая направляющая
5	Ступенчатая опора
6	Блок питания отметчика
7	Рулетка с ценой деления 1 мм

В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- представьте в виде таблицы результаты прямых измерений перемещений, совершенных тележкой за одинаковые промежутки времени по 0,3 с, следующие один за другим;
- сформулируйте вывод о зависимости пройденного пути от времени при равноускоренном движении тележки из состояния покоя.

Порядок выполнения задания

- Прикрепите к тележке отрезок бумажной ленты длиной 40 см.
- Соберите установку, как показано на рисунке.



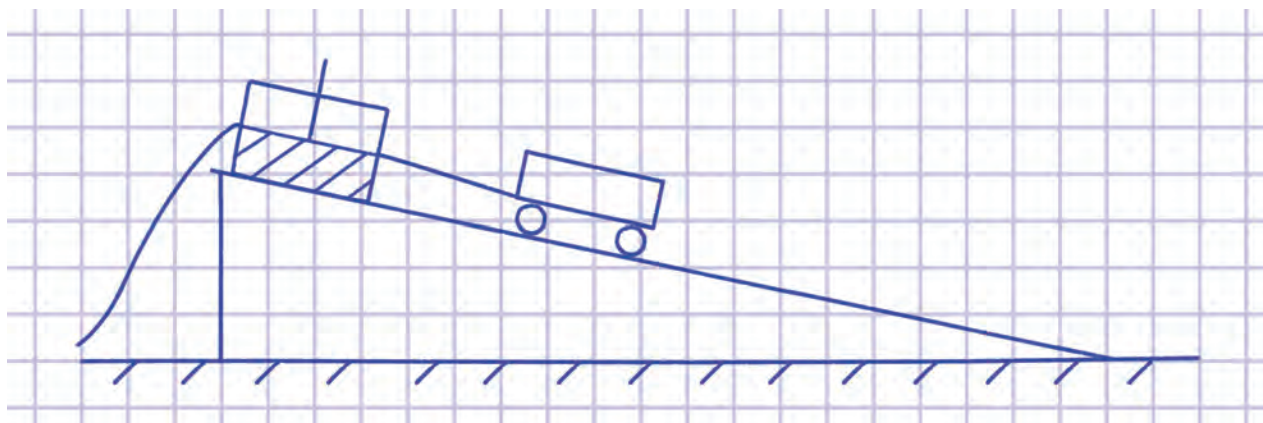
- 3 Подключите отметчик к блоку питания
- 4 Поместите на верхний конец наклонной направляющей тележку и заправьте ленту в пазы отметчика.
- 5 Удерживая тележку на месте, включите отметчик.
- 6 Отпустите тележку.
- 7 Измерьте по ленте перемещения, совершенные тележкой за промежутки времени по 0,3 с, следующие один за другим
- 8 Данные измерений представьте в виде таблицы

Время движения, с	0,3	0,3	0,3	0,3
Перемещение, мм				

- 9 Сформулируйте вывод о зависимости пути, пройденном при равноускоренном движении, от времени.

Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Таблица

Время движения, с	0,3	0,3	0,3	0,3
Перемещение, мм	25	60	85	131

3. **Вывод:** при равноускоренном движении из состояния покоя пути, пройденные телом за равные промежутки времени, следующие один за другим, увеличиваются. Чем дальше движется тело, тем больший путь оно проходит за одинаковые промежутки времени.

Указание экспертам

Основной причиной, не позволяющей получить на использованном оборудовании количественную зависимость пути от времени, из которой следовало бы утверждение о том, что пути, пройденные телом за последовательные равные промежутки времени при равноускоренном движении из состояния покоя, относятся, как последовательность нечетных чисел (1:3:5...), связана с большой погрешностью в измерении перемещения за первый временной интервал в 0,3 с.

Поэтому ответ считается достоверным, если указана качественная зависимость пути от времени при равноускоренном движении без начальной скорости.

ПРОВЕРКА ПРАВИЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ РЕЗИСТОРОВ

Цель опыта:

Экспериментально проверить справедливость утверждения о том, что при последовательном соединении двух резисторов общее напряжение, приложенное к ним, равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

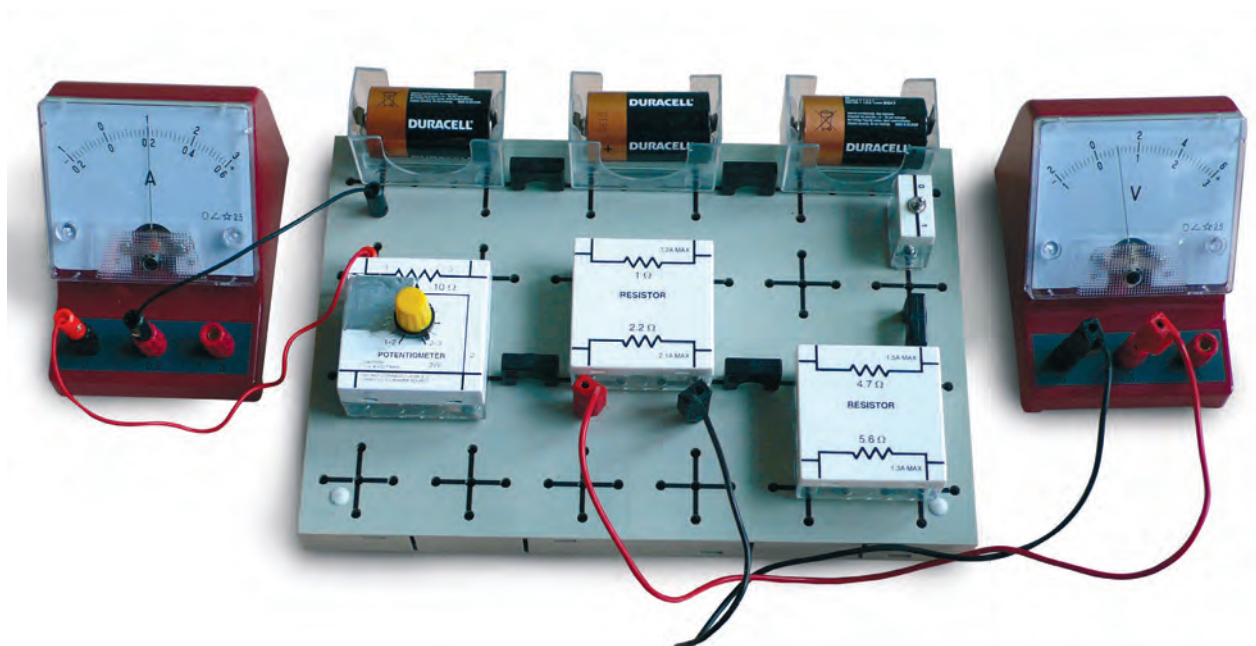


Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения $-1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 4,7 Ом, резистор 2,2 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, и напряжение на каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор R_1 4,7 Ом
6	Резистор R_2 2,2 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода



В бланке ответов:

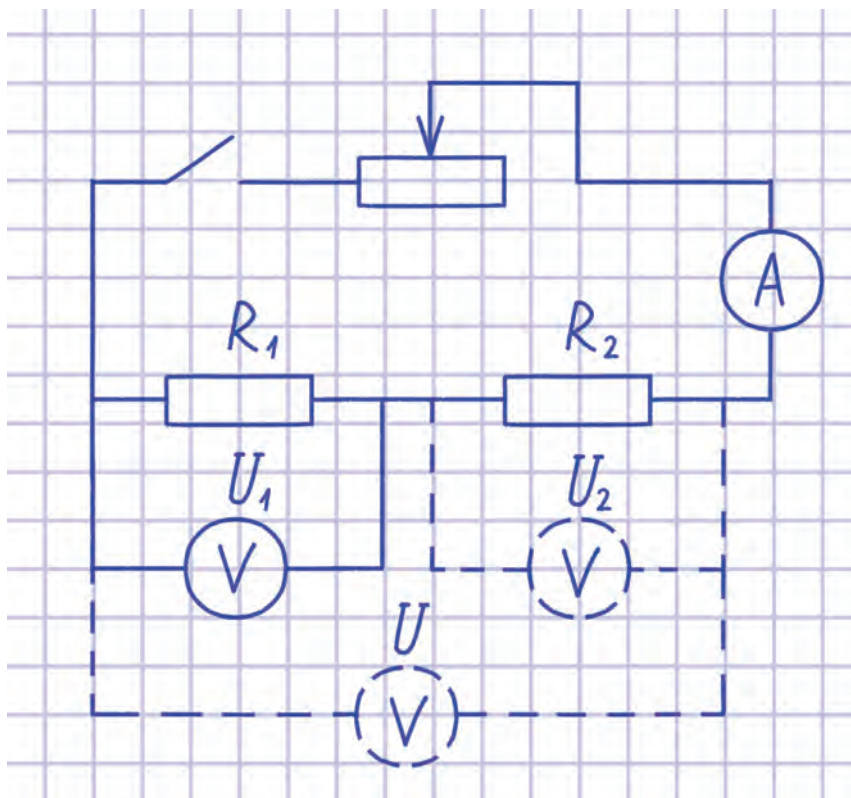
- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения напряжений на каждом из двух резисторов, соединенных последовательно при силе тока в них 0,3 А;
- 3) укажите значение суммы напряжений на двух резисторах;
- 4) укажите результат измерения общего напряжения на двух резисторах, соединенных последовательно, при силе тока в них 0,3 А;
- 5) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

Порядок выполнения задания:

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи 0,3 А.
- ❸ Подключите вольтметр к резистору R_1 . Измерьте и запишите значение напряжения U_1 .
- ❹ Подключите вольтметр к резистору R_2 . Измерьте и запишите значение напряжения U_2 .
- ❺ Измерьте и запишите значение напряжения на двух резисторах U .
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «Общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов». При сравнении результатов измерений напряжения следует учесть, что погрешность прямых измерений вольтметра, использованного в опыте, составляет 0,15 В.

Образец возможного выполнения задания.

1. Схема экспериментальной установки



2. $U_1 = 1,4 \text{ В}$
3. $U_2 = 0,7 \text{ В}$
4. $U = 2,2 \text{ В}$
5. Сумма напряжений $U_1 + U_2 = 1,4 \text{ В} + 0,7 \text{ В} = 2,1 \text{ В}$

6. **Вывод:** с учетом возможной погрешности измерений в $\pm 0,15$ В можно утверждать, что общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

Указание экспертам

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте вольтметр измеряет напряжение с точностью $\pm 0,15$ В.

Следовательно, значение напряжения U_1 может попадать в интервал $U_1 = 1,4 \pm 0,15$ В;

значение напряжения U_2 может попадать в интервал $U_2 = 0,7 \pm 0,15$ В;

значение общего напряжения U может попадать в интервал $U = 2,2 \pm 0,15$ В;

границы интервала суммы напряжений $U_1 + U_2 = 2,1 \text{ В} \pm 0,3 \text{ В}$.

Поскольку интервалы возможных значений суммы напряжений и общего напряжения перекрываются, вывод можно считать достоверным.



Задание № 2

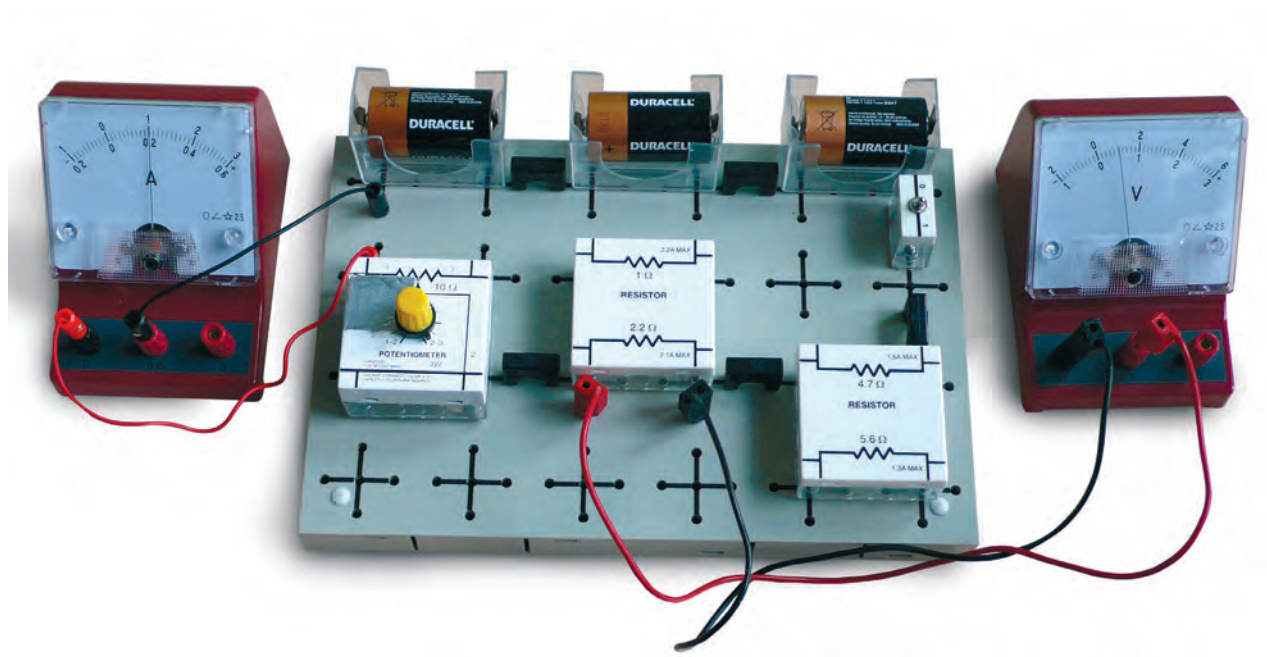
Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения - $1 \div 0 \div 3$ В; амперметр с пределами измерения - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 5,6 Ом, резистор 2,2 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, и напряжение на каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор R_1 5,6 Ом
6	Резистор R_2 2,2 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения напряжений на каждом из двух резисторов, соединенных последовательно, при силе тока в них 0,2 А;
- укажите значение суммы напряжений на двух резисторах;
- укажите результат измерения общего напряжения на двух резисторах соединенных последовательно при силе тока в них 0,2 А;
- запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

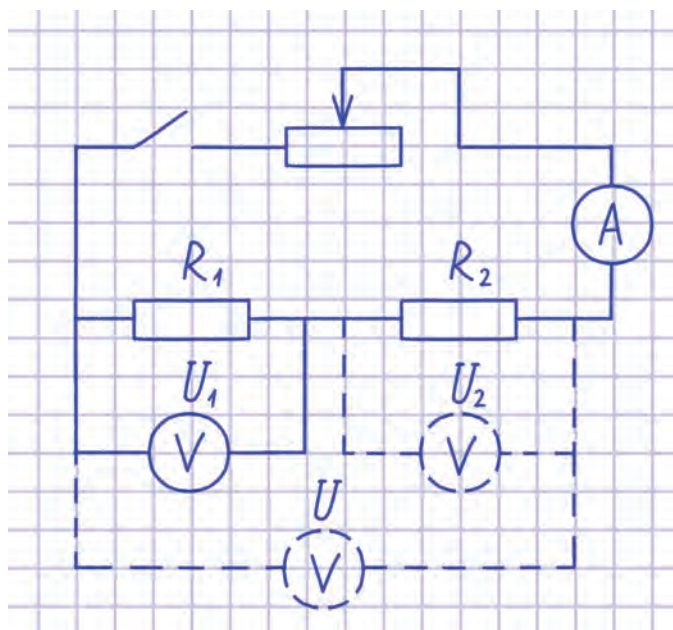


Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи $0,2\text{ A}$.
- ❸ Подключите вольтметр к резистору R_1 . Измерьте и запишите значение напряжения U_1 .
- ❹ Подключите вольтметр к резистору R_2 . Измерьте и запишите значение напряжения U_2 .
- ❺ Измерьте и запишите значение напряжения на двух резисторах U .
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «Общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов». При сравнении результатов измерений напряжения следует учесть, что погрешность прямых измерений вольтметра, использованного в опыте, составляет $0,15\text{ B}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки.



2. $U_1 = 1,1 \text{ В}$
3. $U_2 = 0,4 \text{ В}$
4. $U = 1,4 \text{ В}$
5. Сумма напряжений $U_1 + U_2 = 1,1 \text{ В} + 0,4 \text{ В} = 1,5 \text{ В}$
6. Вывод: с учетом возможной погрешности измерений в $0,15 \text{ В}$ можно утверждать, что общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

Указание экспертам

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте вольтметр измеряет напряжение с точностью $\pm 0,15 \text{ В}$.

Следовательно, значение напряжения U_1 может попадать в интервал $U_1 = 1,1 \text{ В} \pm 0,15 \text{ В}$;

значение напряжения U_2 может попадать в интервал $U_2 = 0,4 \text{ В} \pm 0,15 \text{ В}$;

значение общего напряжения U может попадать в интервал $U = 1,4 \text{ В} \pm 0,15 \text{ В}$;

границы интервала суммы напряжений $U_1 + U_2 = 1,5 \text{ В} \pm 0,3 \text{ В}$.

Поскольку интервалы возможных значений суммы напряжений и общего напряжения перекрываются, вывод можно считать достоверным.

ПРОВЕРКА ПРАВИЛА ДЛЯ СИЛЫ ТОКА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ РЕЗИСТОРОВ

Цель опыта:

Экспериментально проверить справедливость утверждения о том, что при параллельном соединении двух резисторов общая сила тока в цепи равна сумме токов в каждом из них.

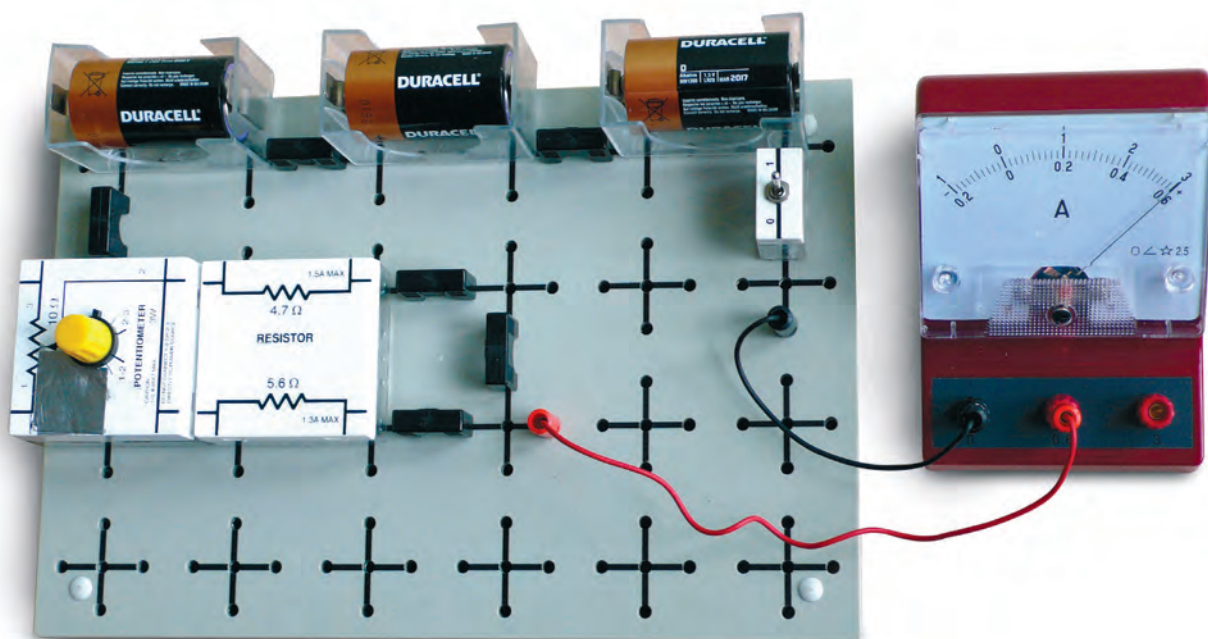


Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный); амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор $4,7$ Ом, резистор $5,6$ Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общую силу тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, и силу тока в каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по $1,5$ В (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5$ В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Резистор R_1 $4,7$ Ом
5	Резистор R_2 $5,6$ Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода



В бланке ответов:

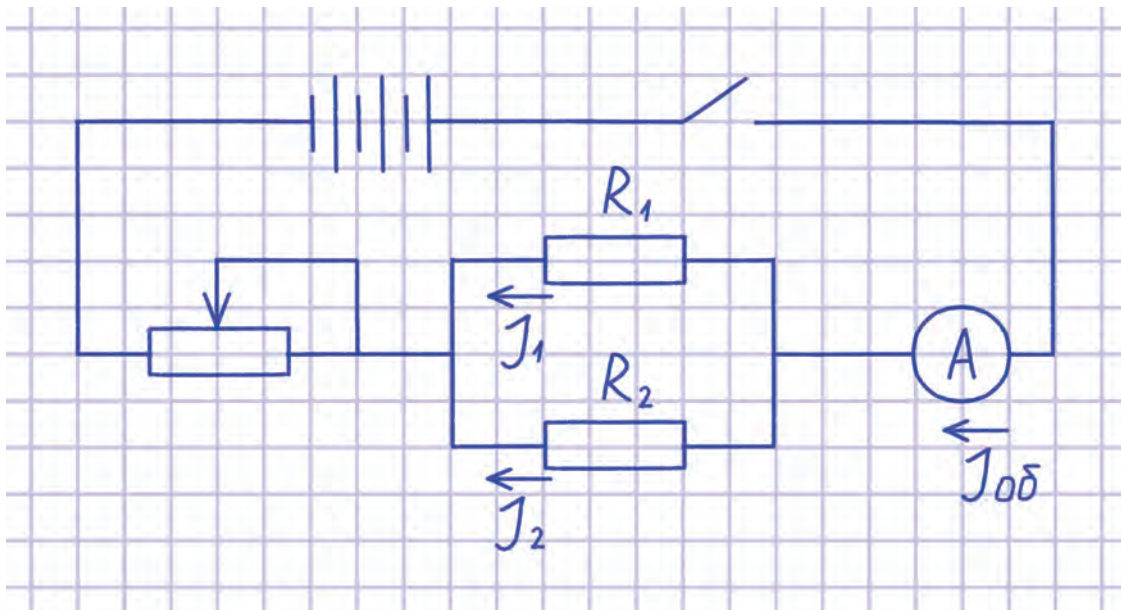
- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения силы тока в каждом из двух резисторов, соединенных параллельно, при общей силе тока в цепи $0,6\text{ A}$;
- 3) укажите значение суммы токов в двух резисторах;
- 4) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи $I_{\text{об}} = 0,6\text{ A}$. Значение общей силы тока запишите.
- ❸ Подключите амперметр к резистору R_1 , измерьте и запишите значение силы тока I_1 .
- ❹ Подключите амперметр к резистору R_2 , измерьте и запишите значение силы тока I_2 .
- ❺ Вычислите значение суммы токов $I_1 + I_2$.
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «При параллельном соединении двух резисторов общая сила тока в цепи равна сумме токов в каждом из них». При сравнении результатов измерений силы тока следует учесть, что погрешность прямых измерений амперметра, использованного в опыте, составляет $0,03\text{ A}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $I_{\text{об}} = 0,6\text{ A}$
3. $I_1 = 0,32\text{ A}$
4. $I_2 = 0,27\text{ A}$
5. Сумма токов $I_1 + I_2 = 0,32\text{ A} + 0,27\text{ A} = 0,59\text{ A}$
6. Вывод: с учетом возможной погрешности измерений в $0,03\text{ A}$ можно утверждать, что общая сила тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, равна сумме токов в каждом из них.

Указание экспертам.

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте амперметр измеряет силу тока с точностью $\pm 0,03\text{ A}$.

Следовательно, значение силы тока $I_{об}$ может попадать в интервал $I_{об} = 0,6 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$; значение силы тока I_1 может попадать в интервал $I_1 = 0,32 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$; значение силы тока I_2 может попадать в интервал $I_2 = 0,27 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$; границы интервала суммы токов $I_1 + I_2 = 0,59 \text{ A} \pm 0,06 \text{ A}$.

Поскольку интервалы возможных значений общего тока и суммы токов перекрываются, вывод можно считать достоверным.

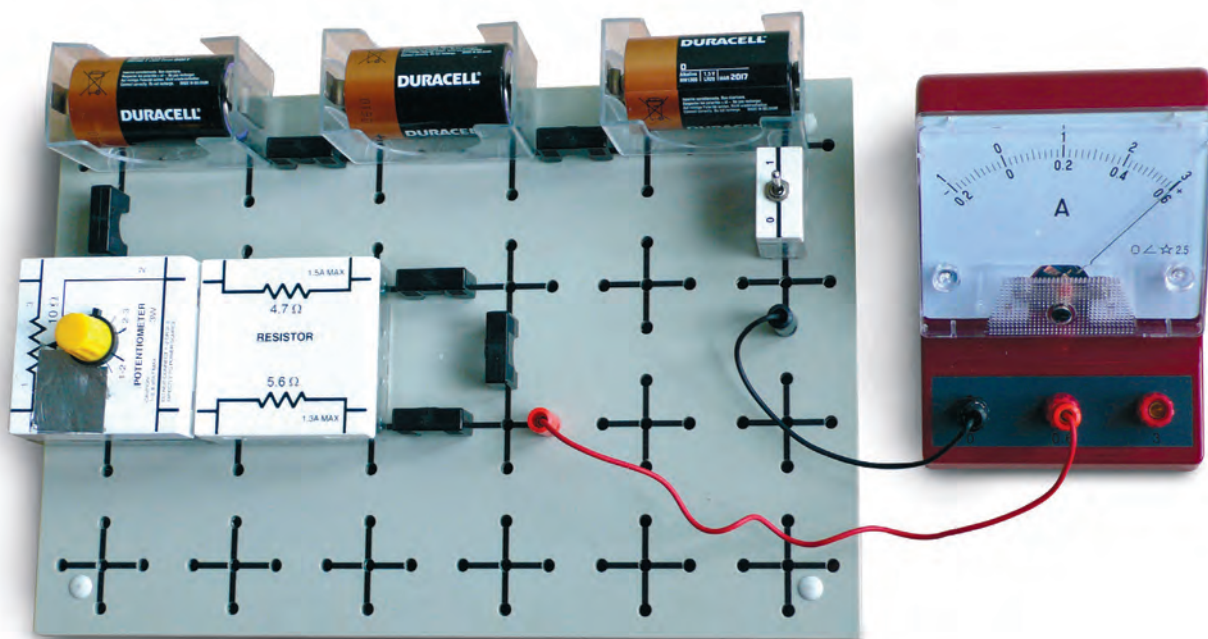


Задание № 2

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный); амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6 \text{ A}$, резистор 1 Ом , резистор $2,2 \text{ Ом}$, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общую силу тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, и в каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по $1,5 \text{ В}$ (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5 \text{ В}$)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6 \text{ A}$
4	Резистор R_1 1 Ом
5	Резистор R_2 $2,2 \text{ Ом}$
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода



В бланке ответов:

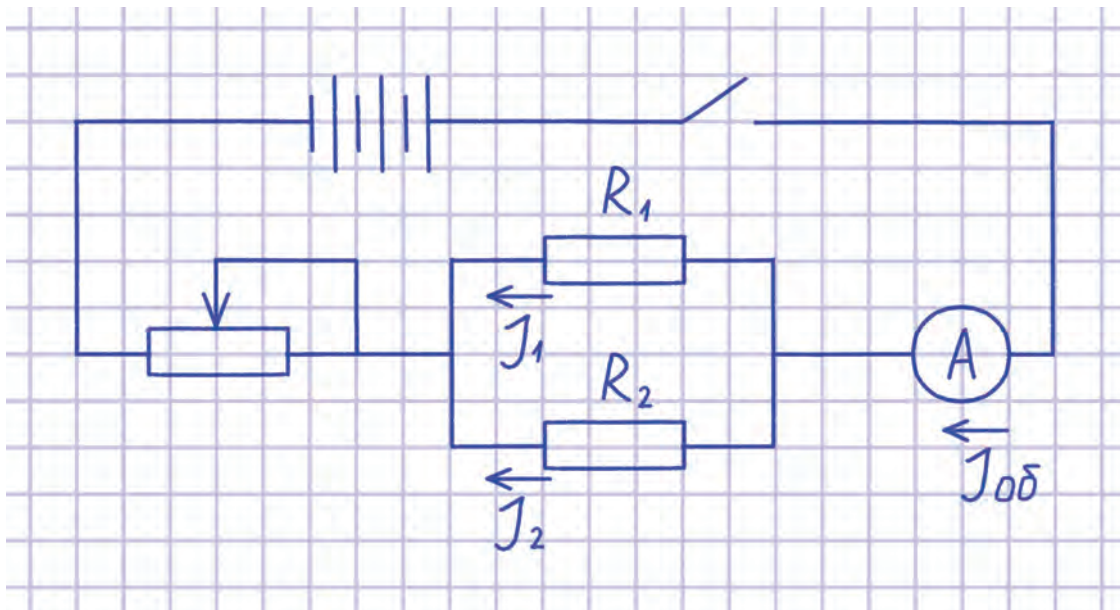
- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения силы тока в каждом из двух резисторов, соединенных параллельно при общей силе тока в цепи $0,5\text{ A}$;
- 3) укажите значение суммы токов в двух резисторах;
- 4) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи $I_{об} = 0,5\text{ A}$. Значение общей силы тока запишите.
- ❸ Подключите амперметр к резистору R_1 , измерьте и запишите значение силы тока I_1 .
- ❹ Подключите амперметр к резистору R_2 , измерьте и запишите значение силы тока I_2 .
- ❺ Вычислите значение суммы токов $I_1 + I_2$.
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «При параллельном соединении двух резисторов общая сила тока в цепи равна сумме токов в каждом из них». При сравнении результатов измерений силы тока следует учесть, что погрешность прямых измерений амперметра, использованного в опыте, составляет $0,03\text{ A}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $I_{об} = 0,5\text{ A}$
3. $I_1 = 0,34\text{ A}$
4. $I_2 = 0,17\text{ A}$
5. Сумма токов $I_1 + I_2 = 0,34\text{ A} + 0,17\text{ A} = 0,51\text{ A}$
6. Вывод: с учетом возможной погрешности измерений в $0,03\text{ A}$ можно утверждать, что общая сила тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, равна сумме токов в каждом из них.

Указание экспертам.

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте амперметр измеряет силу тока с точностью $\pm 0,03\text{ A}$.

Следовательно, значение силы тока $I_{об}$ может попадать в интервал $I_{об} = 0,5 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$;

значение силы тока I_1 может попадать в интервал $I_1 = 0,34 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$;

значение силы тока I_2 может попадать в интервал $I_2 = 0,17 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$;

границы интервала суммы токов $I_1 + I_2 = 0,51 \text{ A} \pm 0,06 \text{ A}$.

Поскольку интервалы возможных значений общего тока и суммы токов перекрываются, вывод можно считать достоверным.

ПРОВЕРКА ПРАВИЛА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ РЕЗИСТОРОВ

Цель опыта:

Экспериментально проверить справедливость утверждения о том, что при последовательном соединении двух резисторов общее напряжение, приложенное к ним, равно сумме напряжений на каждом из резисторов



Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный); вольтметр с пределами измерения $-1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор $4,7$ Ом, резистор $2,2$ Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, и напряжение на каждом из них.

Характеристика оборудования:

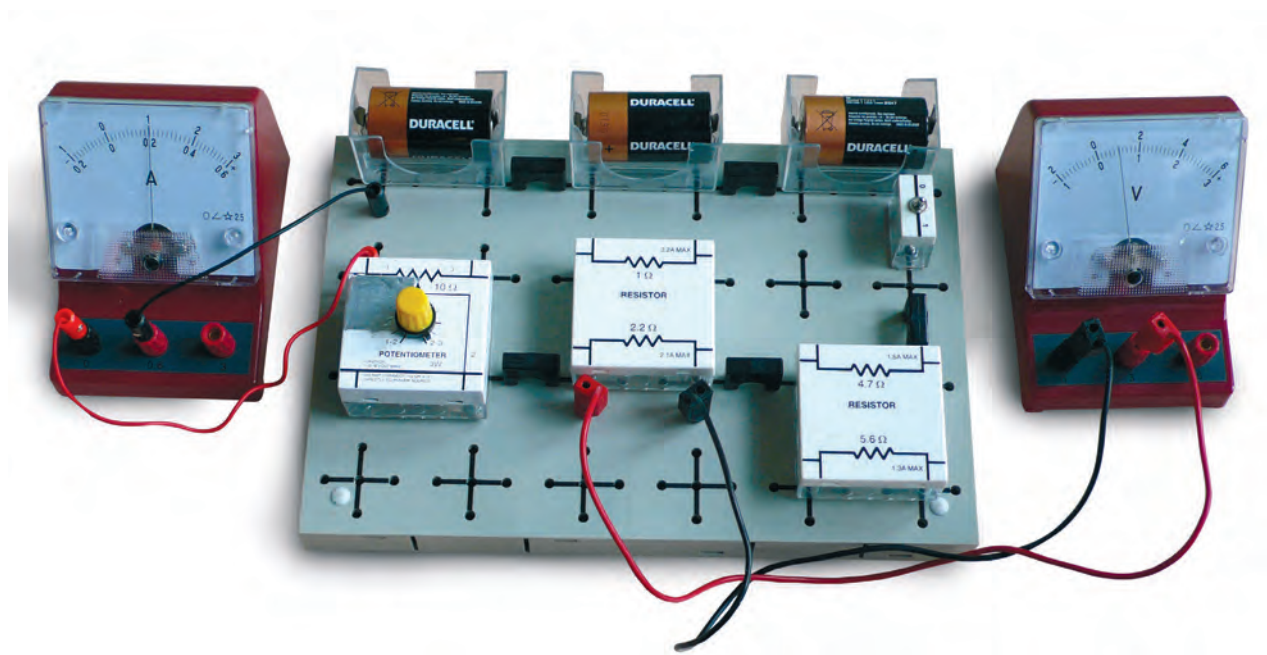
1	Батарея из двух элементов по $1,5$ В (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5$ В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами $-1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор R_1 $4,7$ Ом
6	Резистор R_2 $2,2$ Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения напряжений на каждом из двух резисторов, соединенных последовательно, при силе тока в них $0,3$ А;
- 3) укажите значение суммы напряжений на двух резисторах;
- 4) укажите результат измерения общего напряжения на двух резисторах, соединенных последовательно, при силе тока в них $0,3$ А;
- 5) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

Порядок выполнения задания

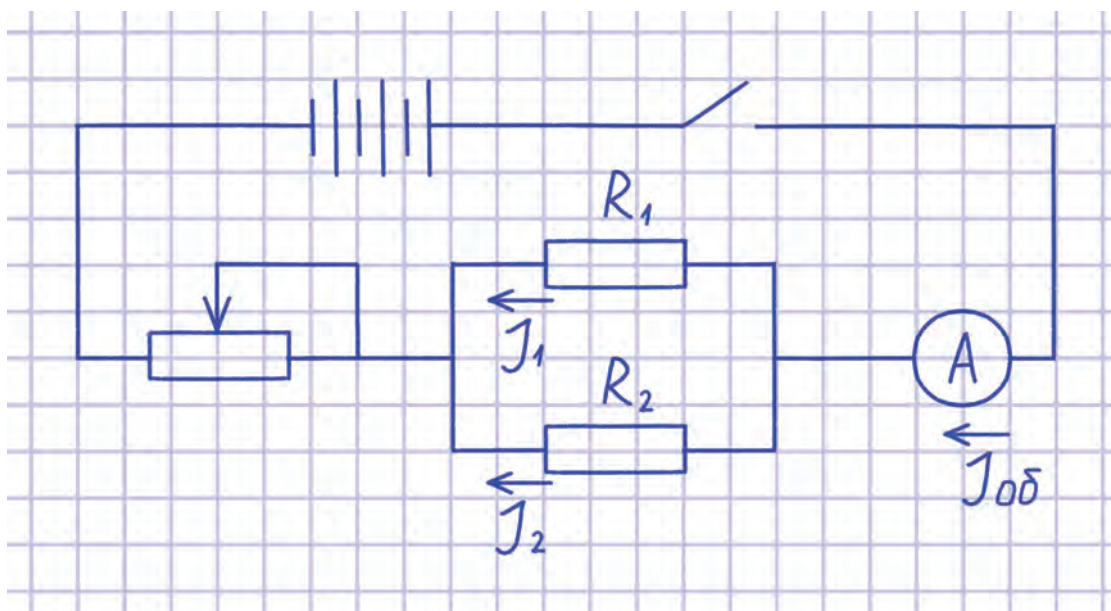
- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи $0,3$ А.
- ❸ Подключите вольтметр к резистору R_1 . Измерьте и запишите значение напряжения U_1 .
- ❹ Подключите вольтметр к резистору R_2 . Измерьте и запишите значение напряжения U_2 .



5. Измерьте и запишите значение напряжения на двух резисторах U .
6. Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «Общее напряжение, приложенное к двум резисторам соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов». При сравнении результатов измерений напряжения следует учесть, что погрешность прямых измерений вольтметра, использованного в опыте, составляет $0,15\text{ В}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $U_1 = 1,4\text{ В}$
3. $U_2 = 0,7\text{ В}$
4. $U = 2,2\text{ В}$
5. Сумма напряжений $U_1 + U_2 = 1,4\text{ В} + 0,7\text{ В} = 2,1\text{ В}$

6. **Вывод:** с учетом возможной погрешности измерений в $\pm 0,15$ В можно утверждать, что общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

Указание экспертам

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте вольтметр измеряет напряжение с точностью $\pm 0,15$ В.

Следовательно, значение напряжения U_1 может попадать в интервал $U_1 = 1,4 \pm 0,15$ В;

значение напряжения U_2 может попадать в интервал $U_2 = 0,7 \pm 0,15$ В;

значение общего напряжения U может попадать в интервал $U = 2,2 \pm 0,15$ В;

границы интервала суммы напряжений $U_1 + U_2 = 2,1 \text{ В} \pm 0,3 \text{ В}$.

Поскольку интервалы возможных значений суммы напряжений и общего напряжения перекрываются, вывод можно считать достоверным.



Задание № 2

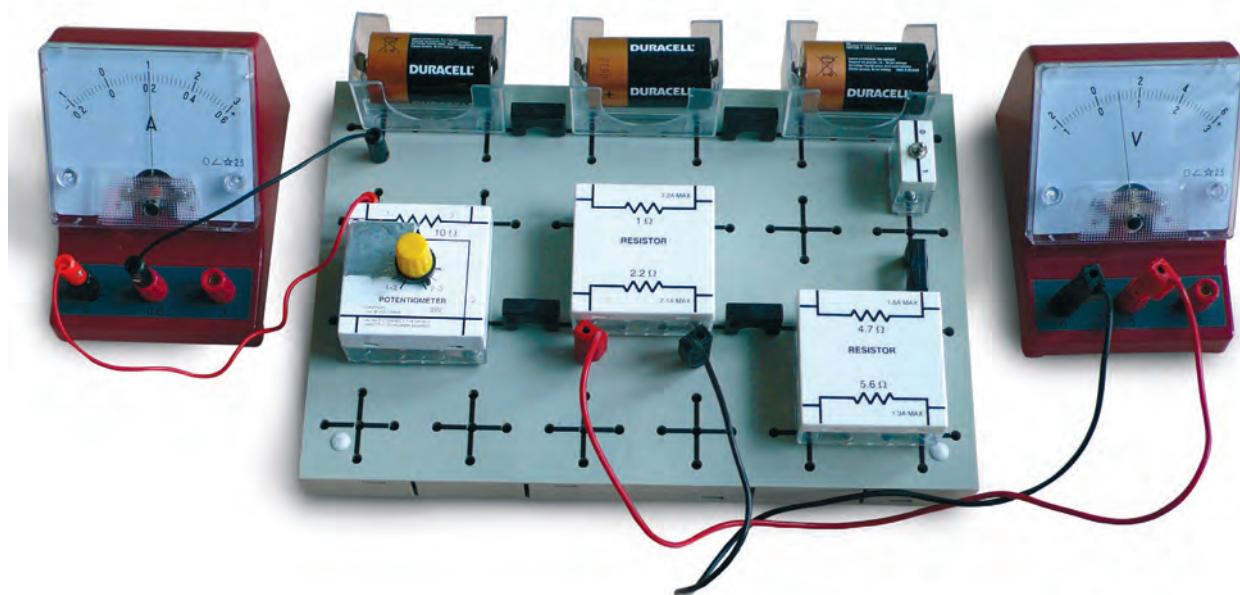
Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный), вольтметр с пределами измерения - $1 \div 0 \div 3$ В, амперметр с пределами измерения - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор 5,6 Ом, резистор 2,2 Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, и напряжение на каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по 1,5 В (или выпрямитель с напряжением на выходе 4,5 В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Вольтметр с пределами - $1 \div 0 \div 3$ В
5	Резистор R_1 5,6 Ом
6	Резистор R_2 2,2 Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения напряжений на каждом из двух резисторов, соединенных последовательно, при силе тока в них 0,2 А;
- 3) укажите значение суммы напряжений на двух резисторах;
- 4) укажите результат измерения общего напряжения на двух резисторах, соединенных последовательно, при силе тока в них 0,2 А;
- 5) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

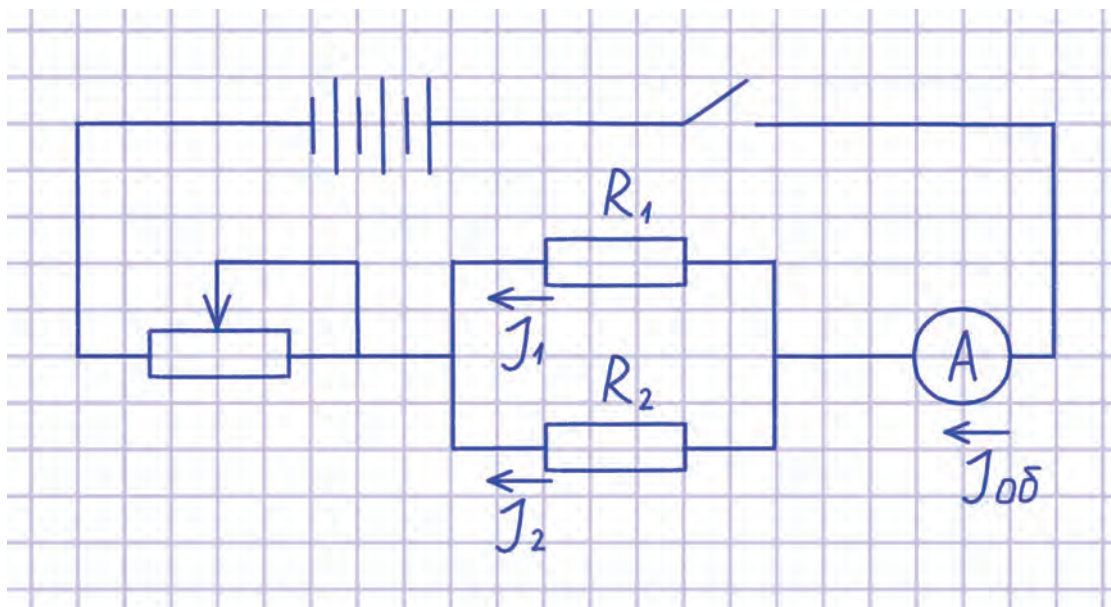


Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостат силу тока в цепи $0,2\text{ A}$.
- ❸ Подключите вольтметр к резистору R_1 . Измерьте и запишите значение напряжения U_1 .
- ❹ Подключите вольтметр к резистору R_2 . Измерьте и запишите значение напряжения U_2 .
- ❺ Измерьте и запишите значение напряжения на двух резисторах U .
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «Общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов». При сравнении результатов измерений напряжения следует учесть, что погрешность прямых измерений вольтметра, использованного в опыте, составляет $\pm 0,15\text{ V}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $U_1 = 1,1 \text{ В}$
3. $U_2 = 0,4 \text{ В}$
4. $U = 1,4 \text{ В}$
5. Сумма напряжений $U_1 + U_2 = 1,1 \text{ В} + 0,4 \text{ В} = 1,5 \text{ В}$
6. Вывод: с учетом возможной погрешности измерений в $\pm 0,15 \text{ В}$ можно утверждать, что общее напряжение, приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

Указание экспертам

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте вольтметр измеряет напряжение с точностью $\pm 0,15 \text{ В}$.

Следовательно, значение напряжения U_1 может попадать в интервал $U_1 = 1,1 \text{ В} \pm 0,15 \text{ В}$;
значение напряжения U_2 может попадать в интервал $U_2 = 0,4 \text{ В} \pm 0,15 \text{ В}$;
значение общего напряжения U может попадать в интервал $U = 1,4 \text{ В} \pm 0,15 \text{ В}$;
границы интервала суммы напряжений $U_1 + U_2 = 1,5 \text{ В} \pm 0,3 \text{ В}$.

Поскольку интервалы возможных значений суммы напряжений и общего напряжения перекрываются, вывод можно считать достоверным.

ПРОВЕРКА ПРАВИЛА ДЛЯ СИЛЫ ТОКА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ РЕЗИСТОРОВ

Цель опыта:

Экспериментально проверить справедливость утверждения о том, что при параллельном соединении двух резисторов общая сила тока в цепи равна сумме токов в каждом из них.

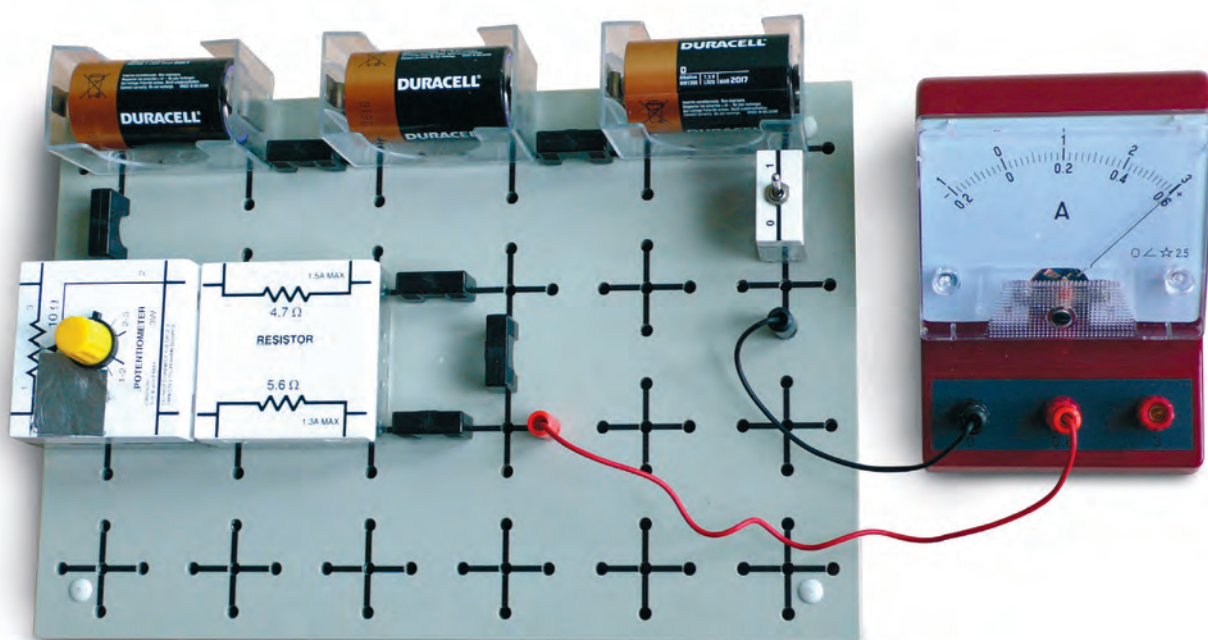


Задание № 1

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный); амперметр с пределами измерения $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А, резистор $4,7$ Ом, резистор $5,6$ Ом, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общую силу тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, и в каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по $1,5$ В (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5$ В)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами $-0,2 \div 0 \div 0,6$ А
4	Резистор R_1 $4,7$ Ом
5	Резистор R_2 $5,6$ Ом
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода



В бланке ответов:

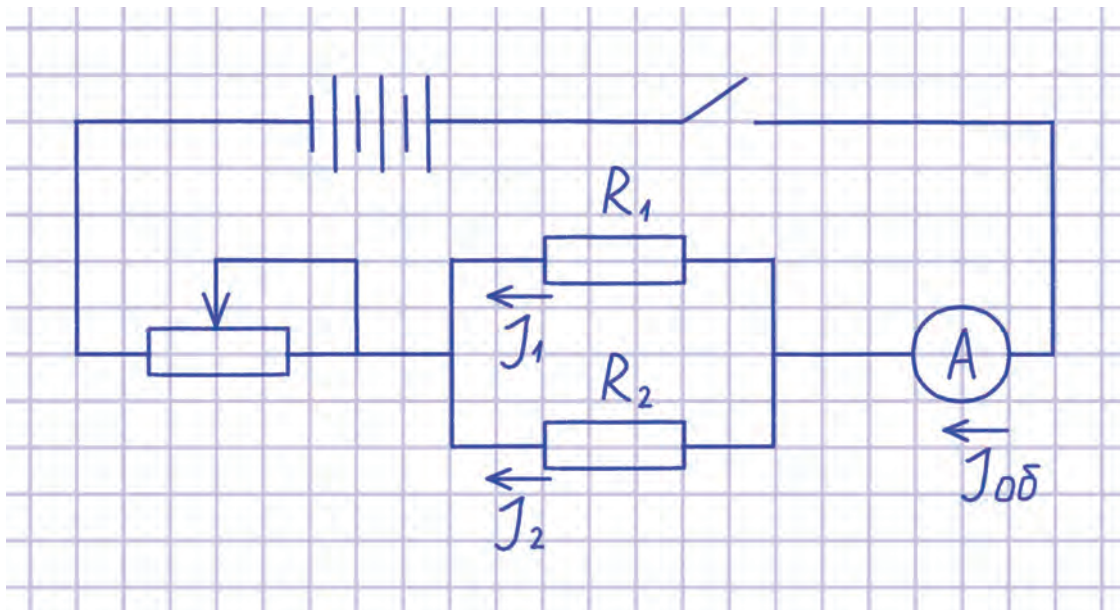
- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения силы тока в каждом из двух резисторов, соединенных параллельно, при общей силе тока в цепи $0,6\text{ A}$;
- 3) укажите значение суммы токов в двух резисторах;
- 4) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи $I_{\text{об}} = 0,6\text{ A}$. Значение общей силы тока запишите.
- ❸ Подключите амперметр к резистору R_1 , измерьте и запишите значение силы тока I_1 .
- ❹ Подключите амперметр к резистору R_2 , измерьте и запишите значение силы тока I_2 .
- ❺ Вычислите значение суммы токов $I_1 + I_2$.
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «При параллельном соединении двух резисторов общая сила тока в цепи равна сумме токов в каждом из них». При сравнении результатов измерений силы тока следует учесть, что погрешность прямых измерений амперметра, использованного в опыте, составляет $\pm 0,03\text{ A}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $I_{\text{об}} = 0,6\text{ A}$
3. $I_1 = 0,32\text{ A}$
4. $I_2 = 0,27\text{ A}$
5. Сумма токов $I_1 + I_2 = 0,32\text{ A} + 0,27\text{ A} = 0,59\text{ A}$
6. Вывод: с учетом возможной погрешности измерений в $\pm 0,03\text{ A}$ можно утверждать, что общая сила тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, равна сумме токов в каждом из них.

Указание экспертам

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте амперметр измеряет силу тока с точностью $\pm 0,03\text{ A}$.

Следовательно, значение силы тока $I_{ог}$ может попадать в интервал $I_{ог} = 0,6 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$; значение силы тока I_1 может попадать в интервал $I_1 = 0,32 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$; значение силы тока I_2 может попадать в интервал $I_2 = 0,27 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$; границы интервала суммы токов $I_1 + I_2 = 0,59 \text{ A} \pm 0,06 \text{ A}$.

Поскольку интервалы возможных значений общего тока и суммы токов перекрываются, вывод можно считать достоверным.

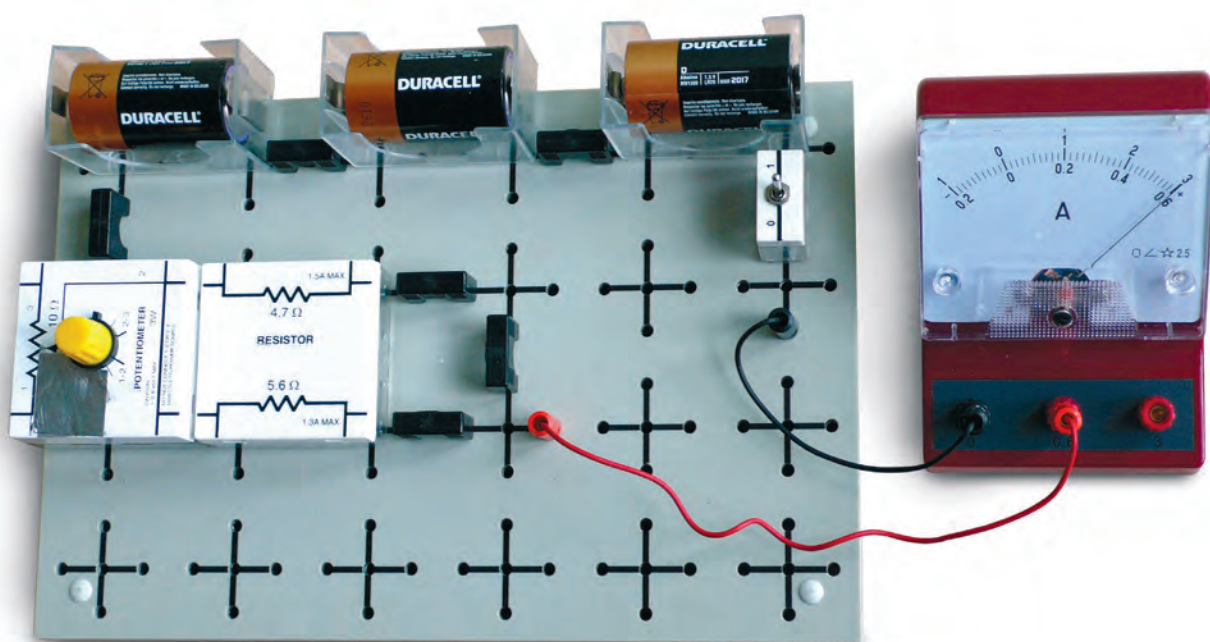


Задание № 2

Используя батарею гальванических элементов (или выпрямитель лабораторный); амперметр с пределами измерения - $0,2 \div 0 \div 0,6 \text{ A}$, резистор 1 Ом , резистор $2,2 \text{ Ом}$, реостат, ключ, монтажную панель и соединительные провода, соберите экспериментальную установку и измерьте общую силу тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, и в каждом из них.

Характеристика оборудования:

1	Батарея из двух элементов по $1,5 \text{ В}$ (или выпрямитель с напряжением на выходе $4,5 \text{ В}$)
2	Реостат 10 Ом
3	Амперметр с пределами - $0,2 \div 0 \pm 0,6 \text{ A}$
4	Резистор $R_1 \text{ } 1 \text{ Ом}$
5	Резистор $R_2 \text{ } 2,2 \text{ Ом}$
6	Ключ
7	Монтажная панель
8	Соединительные провода



В бланке ответов:

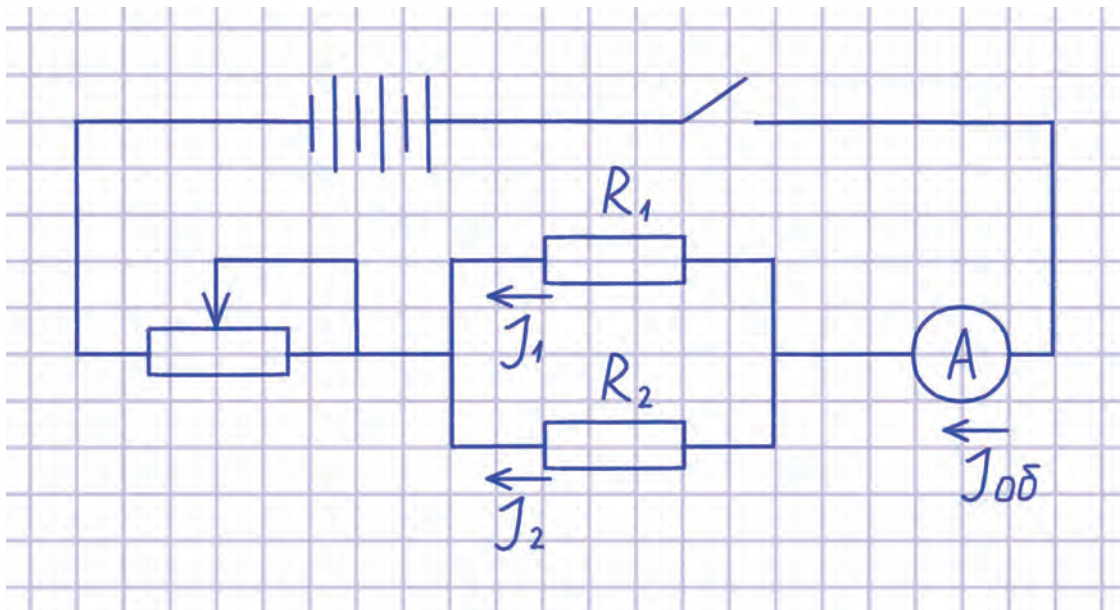
- 1) сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерения силы тока в каждом из двух резисторов, соединенных параллельно, при общей силе тока в цепи $0,5\text{ A}$;
- 3) укажите значение суммы токов в двух резисторах;
- 4) запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

Порядок выполнения задания

- ❶ Соберите установку в соответствии со схемой, приведенной на рисунке.
- ❷ Установите реостатом силу тока в цепи $I_{об} = 0,5\text{ A}$. Значение общей силы тока запишите.
- ❸ Подключите амперметр к резистору R_1 , измерьте и запишите значение силы тока I_1 .
- ❹ Подключите амперметр к резистору R_2 , измерьте и запишите значение силы тока I_2 .
- ❺ Вычислите значение суммы токов $I_1 + I_2$.
- ❻ Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «При параллельном соединении двух резисторов общая сила тока в цепи равна сумме токов в каждом из них». При сравнении результатов измерений силы тока следует учесть, что погрешность прямых измерений амперметра, использованного в опыте, составляет $\pm 0,03\text{ A}$.

Образец возможного выполнения задания

1. Схема экспериментальной установки



2. $I_{об} = 0,5\text{ A}$
3. $I_1 = 0,34\text{ A}$
4. $I_2 = 0,17\text{ A}$
5. Сумма токов $I_1 + I_2 = 0,34\text{ A} + 0,17\text{ A} = 0,51\text{ A}$
6. Вывод: с учетом возможной погрешности измерений в $\pm 0,03\text{ A}$ можно утверждать, что общая сила тока в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно, равна сумме токов в каждом из них.

Указание экспертам

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте амперметр измеряет силу тока с точностью $\pm 0,03\text{ A}$.

Следовательно, значение силы тока $I_{об}$ может попадать в интервал $I_{об} = 0,5 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$;

значение силы тока I_1 может попадать в интервал $I_1 = 0,34 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$;


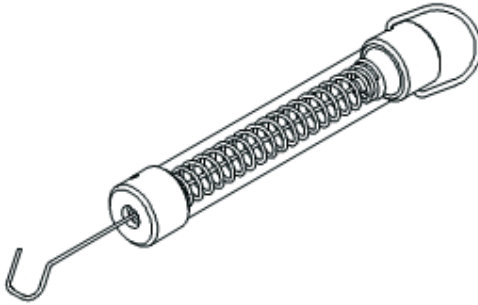
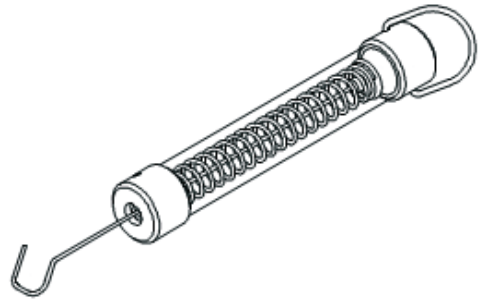
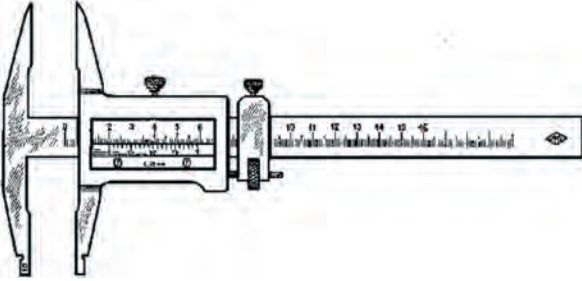
значение силы тока I_2 может попадать в интервал $I_2 = 0,17 \text{ A} \pm 0,03 \text{ A}$;

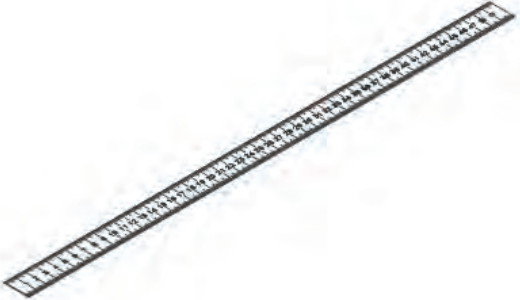
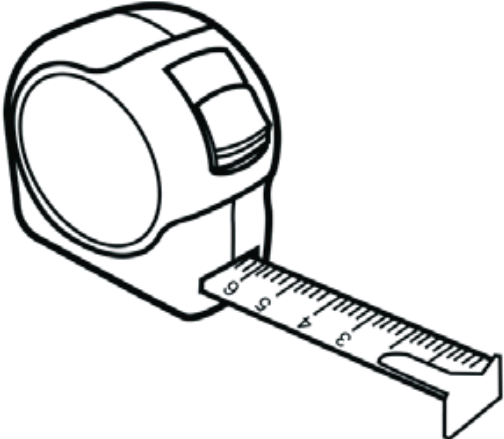

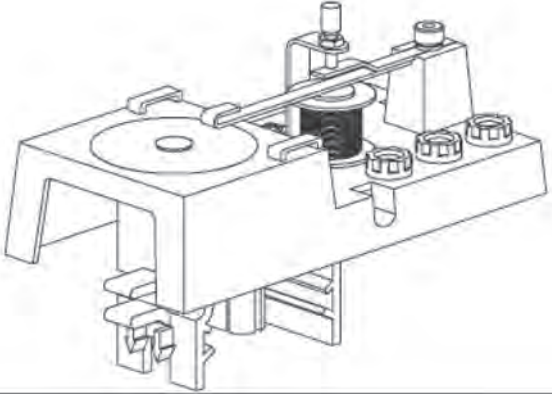
границы интервала суммы токов $I_1 + I_2 = 0,51 \text{ A} \pm 0,06 \text{ A}$.

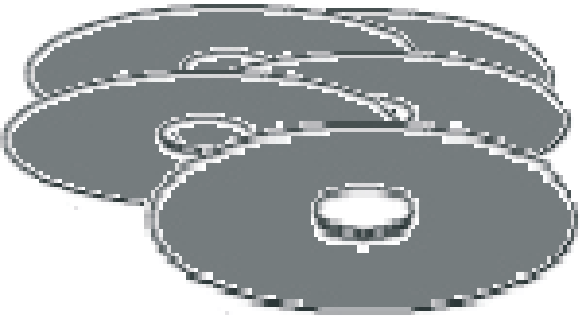
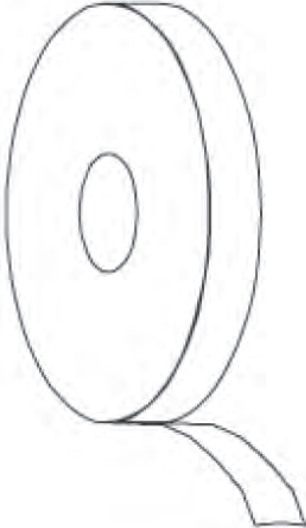

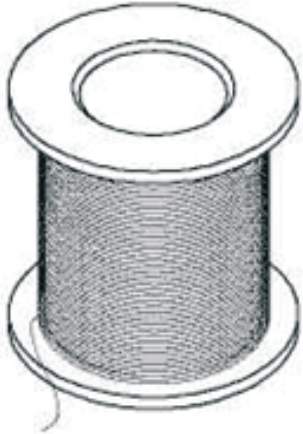
Поскольку интервалы возможных значений общего тока и суммы токов перекрываются, вывод можно считать достоверным.

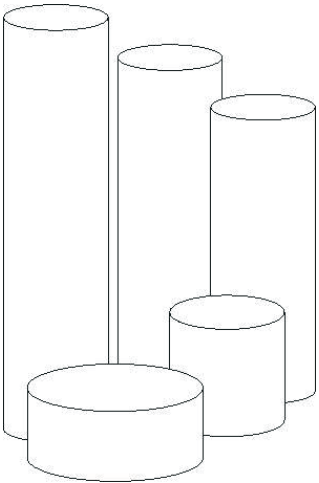
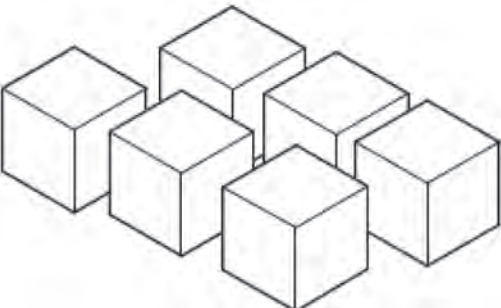
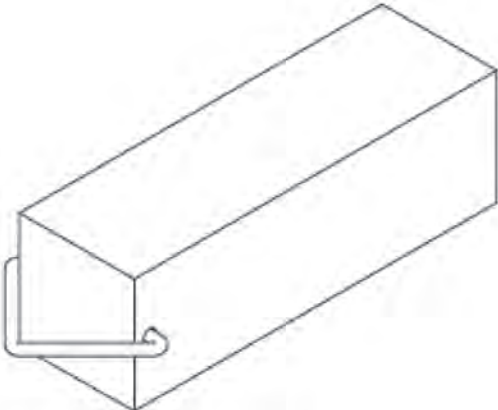
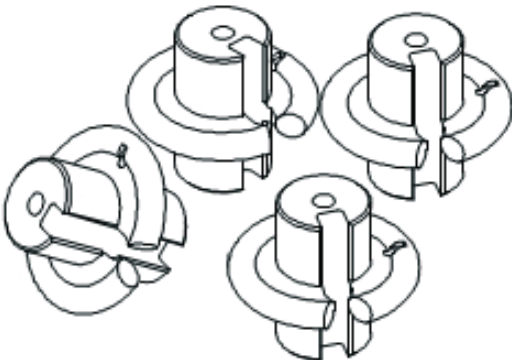
**Внешний вид деталей универсального лабораторного набора по физике,
используемых в экспериментальных заданиях**

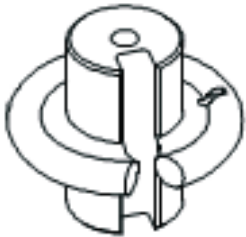
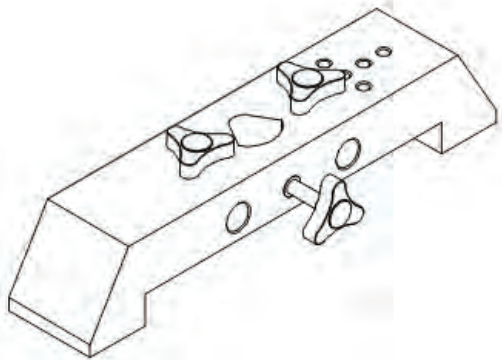
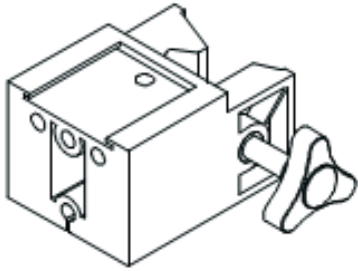
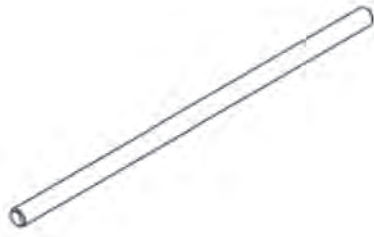

Для заказа запасных частей или расходных материалов сообщите вашему поставщику код изделия и требуемое количество.

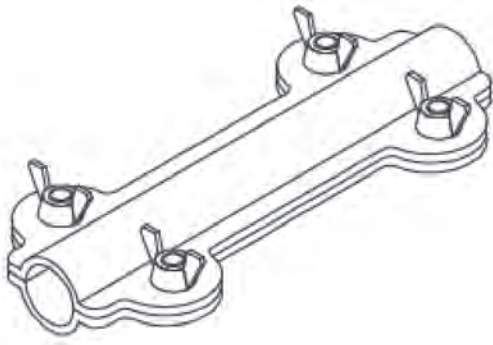
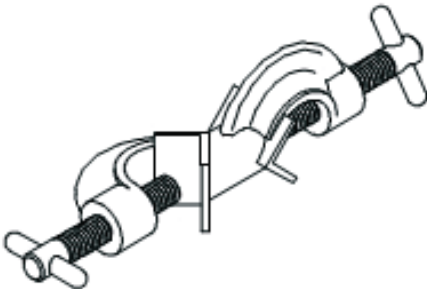

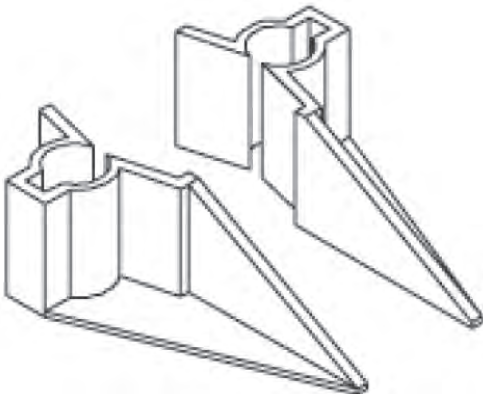
№	Код для заказа	Наименование	Колич.	Внешний вид
1	KSL 35/100	Цилиндр мерный 100 мл	1	
2	FME 51.07/07	Динамометр 1.5 Н	1	
3	FME 51.10/11	Динамометр 3.0 Н	1	
4	KPK 45/02	Штангенциркуль	1	





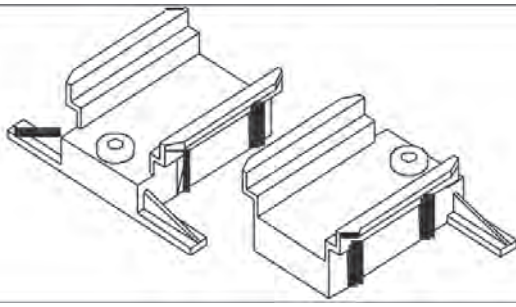
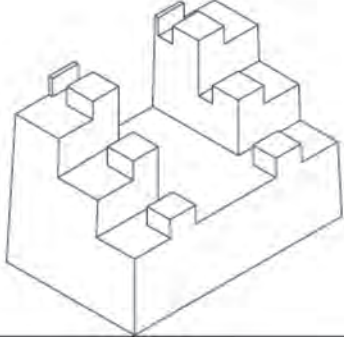
5	KMS 15/105	Линейка 50 см	1	
6	GMM 221	Рулетка 3 м	1	
7	KKW 71-D	Цифровой секундомер	1	
8	FME 51.40	Электромагнитный отметчик	1	

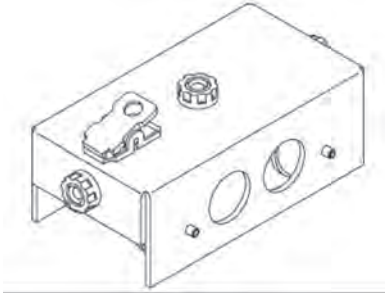
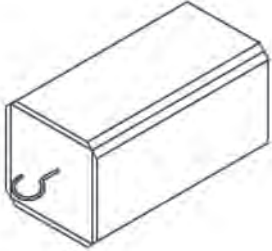



9		Диски для отметчика (из копирки)	5	
10	FME 69/02	Бумага для отметчика	2	
11	KTE 25/100	Термометр спиртовой -10...+110°C	2	
12	FME 51.08/09	Нейлоновая нить на катушке	1	

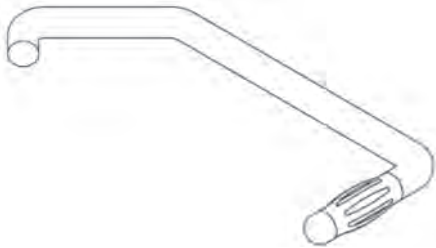
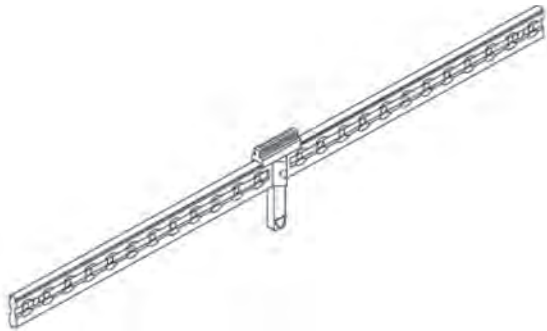



13		Набор цилиндрических тел	1	
14	FSP 18	Набор кубических тел	1	
15	FME 51.13/16	Алюминиевый брусок	1	
16	FME 51.09/10	Груз 50 г	4	


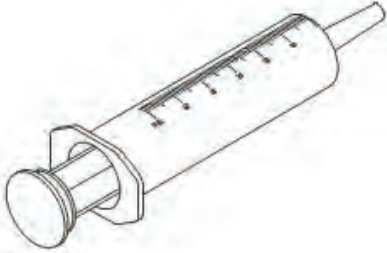
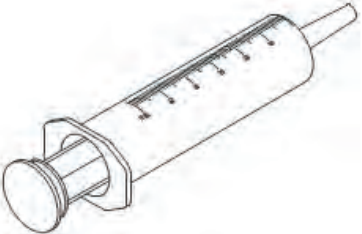
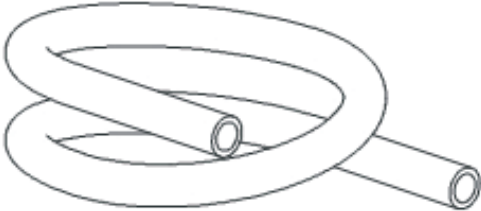


17	GSN 125 01	Груз 25 г	1	
18	GSN 180	Опора штатива большая	2	
19	FME 51.05/05	Опора штатива малая с блоком	1	
20	KST 30/250	Стержень штатива малый Ø 10 x 250 мм	2	
21	KST 30/500	Стержень штатива большой Ø 10 x 500 мм	2	

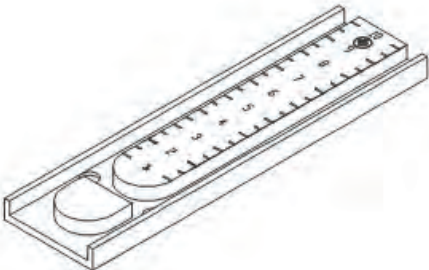
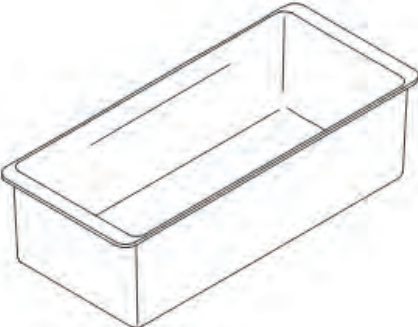

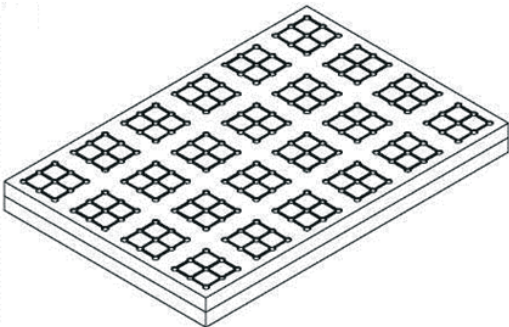
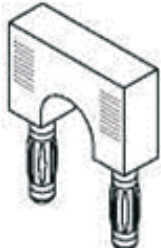
22	GSN 174	Соединитель стержней	1	
23	KST 36/04	Крестовина штатива	1	
24	FSP 11.09/48	Зажим с защелкой	1	
25	FME 51.08/08	Указатель положения (пара)	1	

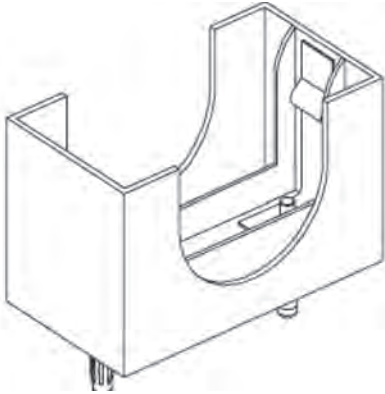
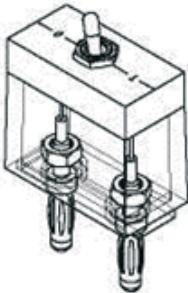
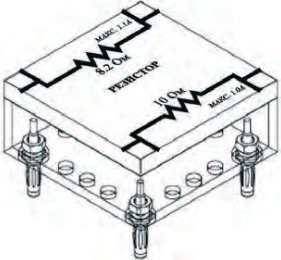
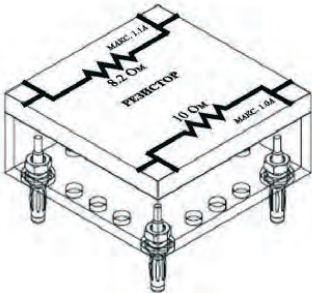
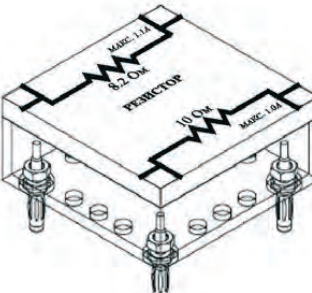
26	FME 51.26/39	Пружина спиральная 10 Н/м	1	
27	FME 51.27/40	Пружина спиральная 25 Н/м	1	
28	FPT 16.02/66	Рельсовая направляющая 50 см	2	
29	FPT 16.03/67	Соединитель направляющей	1	
30	FPT 16.04/68	Опора направляющей	2	
31	FME 51.37/72	Ступенчатый блок	1	

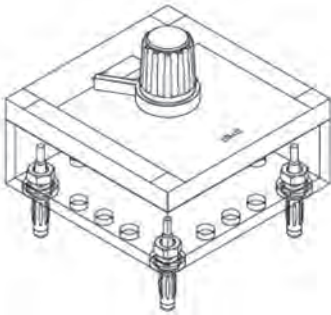

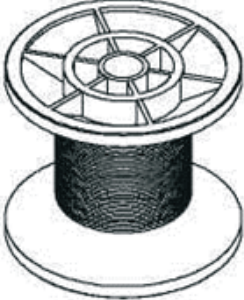
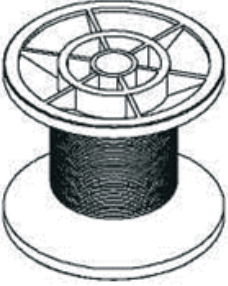
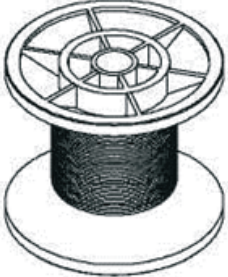
32	PMK 229	Тележка легкоподвижная	1	
33	FME 51.28	Брусок для опытов с трением	1	
34	FME 51.17/26	Вал	1	
35	FME 51.14/23	Крючок с защелкой	1	
36	FME 51.15/24	Шкив Ø 50 мм	2	

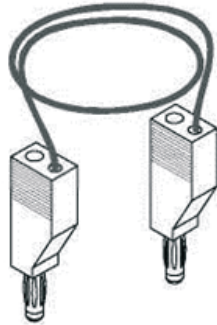
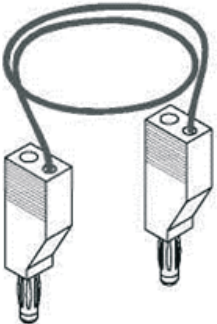
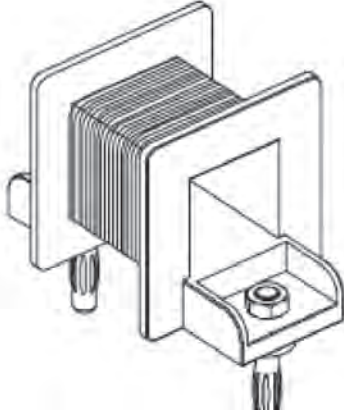
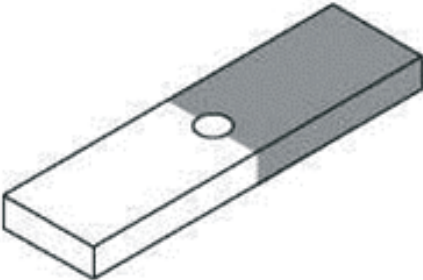
37	FME 51.19/29	Крючок для шкива	1	
38	FME 51.20/31	Рычаг	1	
39	PMG 160 01	Шар с крючком 35 г	1	
40	PMG 160 02	Шар с крючком 70 г	1	
41	FPA 50	Калориметр		

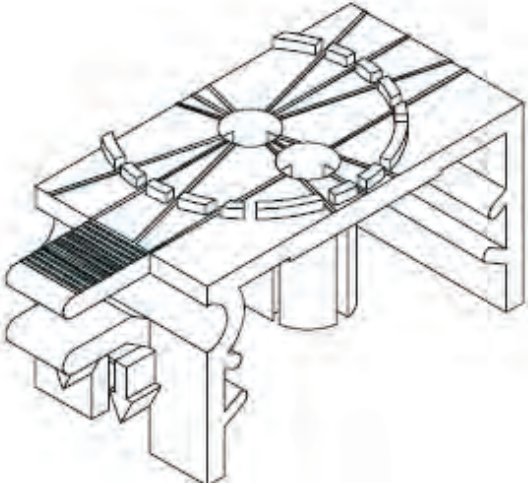
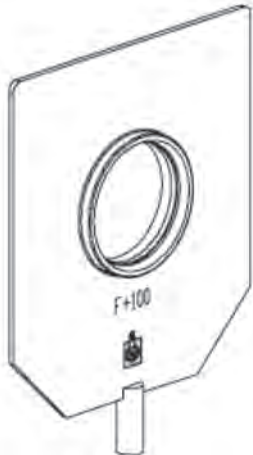

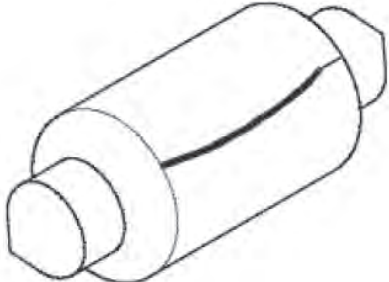
42	КТЕ 14	Термометр спиртовой без шкалы	1	
43	FSP 11.18/138	Шприц 50 мл	1	
44	FSP 11.19/139	Шприц 25 мл	1	
45	FPA 12.10/51	Силиконовая трубка	1	
46	FSP 11.05/43	Прозрачный шланг	2	
47	FSP 11.10/49	Соединитель трубок и шлангов	1	

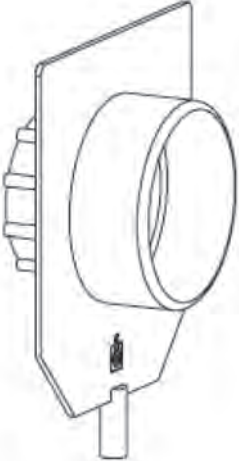
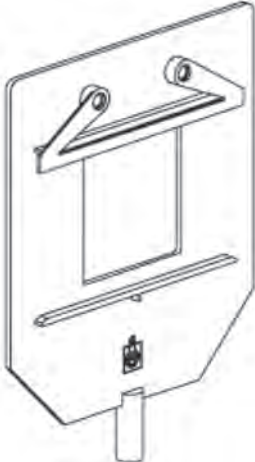
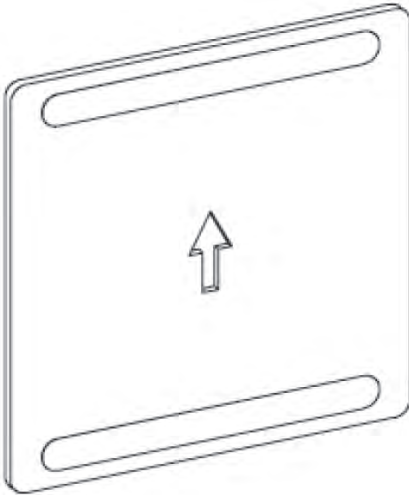
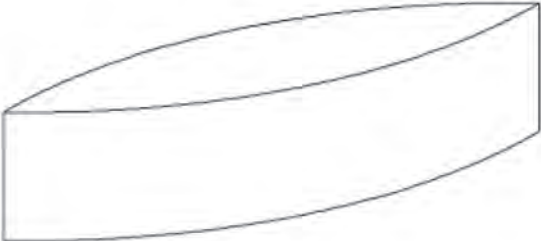
48	FSP 11.11/53	Манометр	1	
49	PHE 241	Кювета	1	
50	KGE 11/250	Мерный стакан 250 мл	1	
51	FLS 20.01/096	Монтажная панель 120 гнезд	1	
52	FLS 20.02/097	Перемычка для монтажной панели	6	

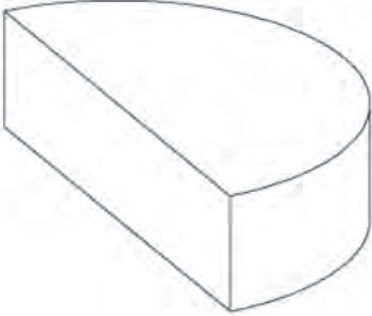
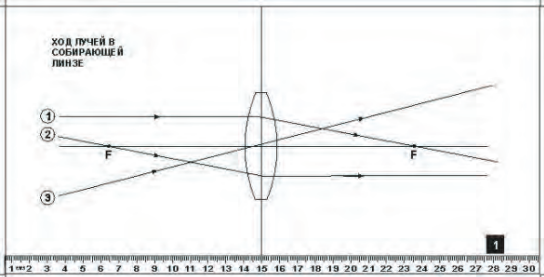
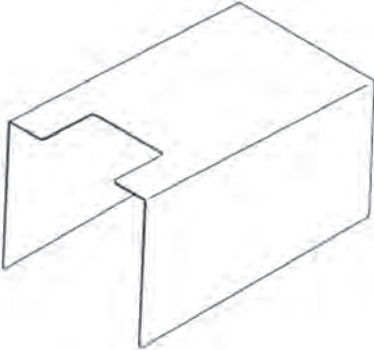

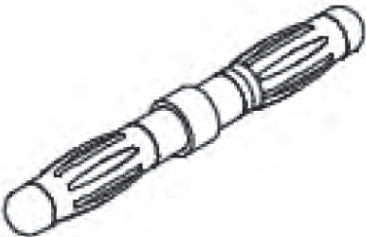
53	FLS 20.31/27	Держатель элемен- та питания	3	
54	FLS 20.04	Однополюсный выключатель	1	
55		Резистор 1 Ом / резистор 2,2 Ом	1	
56		Резистор 4,7 Ом / резистор 5,6 Ом	1	
57		Резистор 8,2 Ом / резистор 10 Ом	1	

58		Потенциометр 10 Ом	1	
59	FLS 20.11/109	Штекер с зажимом	6	
60	FLS 20.24/122	Константановая проволока на катушке Ø 0,35 мм, 25 м	1	
61	KAL 91/025	Нихромовая проволока на катушке Ø 0,25 мм, 25 м	1	
62	FLS 20.25/123	Нихромовая проволока на катушке Ø 0,35 мм, 25 м	1	

63	KAL 99/20-050	Провод соединительный красный, 50 см	2	
64	KAL 99/10-050	Провод соединительный черный, 50 см	2	
65	PEF 356	Катушка 500 витков медного провода	1	
66	FLS 20.14/114	Магнит полосовой	1	

67	FPT 16.17/87	Рейтер	4	
68	FPT 16.14/84	Линза собирающая $f=+100$ мм	1	
69	POG 700	Экран белый	1	
70	FPT 16.06/76- 272	Лампа с прямой нитью накала	2	

71	FPT 16.06/76	Корпус лампы	1	
72	FPT 16.07/77	Держатель диафрагмы	2	
73	FPT 16.25/95	Диафрагма с отверстием в виде стрелки	1	
74	FPT 19.10	Двояковыпуклая цилиндрическая линза	1	

75	FPT 19.12	Полукруглая цилиндрическая линза	1	
76	РОК 200 01	Планшет оптический (2 шт.)	1	
77	FPT 16.01/65	Оптический столик	1	
78	FPT 16.09/79	Диафрагма с щелевым отверстием	1	
79	FME 51.23/35	Соединитель		

Учебное электронное издание на CD

Степанов Сергей Васильевич

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ НАБОР ПО ФИЗИКЕ
Руководство к лабораторным работам

Электронное издание

Копирование материалов данного руководства разрешается исключительно с целью организации проведения учебных занятий в пределах учебного заведения, являющегося владельцем *Универсального набора по физике*. Во всех иных случаях необходимо письменное согласие АО «САГА Технологии».

АО «САГА Технологии», 2016
111622, г. Москва, ул. Косинская Б., д. 27, АО «САГА Технологии»