

Общество с ограниченной ответственностью «Химлабо»  
(ООО «Химлабо»)

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ  
ПОДГОТОВКИ К ОГЭ ПО ФИЗИКЕ  
ПО СПЕЦИФИКАЦИИ КИМ ФИПИ**

Москва  
2023

УДК 373.5.016:53  
ББК 74.262.23

Лабораторный практикум для подготовки к ОГЭ по физике по Спецификации КИМ  
ФИПИ / Пособие по подготовке и проведению под ред. проф. д.т.н. В.С. Пичугина – М.,  
2023 – 144 с., илл.

Авторы:  
С.В. Степанов, к.п.н.,  
Ю.В.Артамонов.

Пособие включает полный набор экспериментальных заданий из контрольно-измерительных материалов для проведения основного государственного экзамена по физике, которые предполагают проведение натурного эксперимента. Задания составлены на основе нормативных материалов ФИПИ для проведения основного государственного экзамена по физике в 2021 году.

К каждому заданию приведены подробные указания по их выполнению, включающие последовательность проведения опыта и фотографии экспериментальных установок. Для экспертов даны рекомендации по оценке достоверности интервалов возможных значений полученных результатов.

Пособие адресовано учителям физики общеобразовательных учебных учреждений, методистам, а также самостоятельным пользователям.

УДК 373.5.016:53  
ББК 74.262.23

Подписано в печать 22.06.2023. Формат 60x90/8.  
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 18. Тираж 250 экз.

ООО «Копи Центр», 123242, г. Москва, Б. Грузинская, д. 22, стр. 1  
[www.interunity.ru](http://www.interunity.ru)

© ООО «Химлабо» 2023 г.  
Подготовлено в печать ООО «Копи Центр»

**Оглавление**

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>1. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ООО «ХИМЛАБО».....</b>	<b>8</b>
<b>2. РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН .....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Измерение массы электронными весами .....	13
2.1.2. Измерение линейных размеров предметов.....	14
2.1.3. Измерение объема тела мерным цилиндром.....	16
2.1.4. Измерение расстояний.....	17
2.1.5. Измерение удлинения пружины .....	19
2.1.6. Измерение углов.....	20
2.1.7. Измерение времени движения .....	22
2.1.8. Измерение полупериода колебания .....	24
2.1.9. Измерение периода колебаний .....	26
2.1.10. Измерение силы трения скольжения.....	27
2.1.11. Измерение силы тяжести.....	29
2.1.12. Измерение силы упругости .....	31
2.1.13. Измерение электрического напряжения .....	32
2.1.14. Измерение силы тока .....	33
<b>2.2 КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН .....</b>	<b>36</b>
2.2.1. Измерение плотности жидкости .....	36
2.2.2. Измерение плотности вещества твердого тела .....	37
2.2.3. Определение выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело .....	39
2.2.4. Измерение средней скорости движения тела .....	41
2.2.5. Измерение ускорения движения тела .....	43
2.2.6. Определение жесткости пружины .....	44
2.2.7. Определение коэффициента трения скольжения.....	47
2.2.8. Измерение работы силы трения.....	50
2.2.9. Измерение работы силы тяжести .....	52
2.2.10. Измерение работы силы упругости при подъеме груза с помощью неподвижного блока .....	54
2.2.11. Измерение работы силы упругости при подъеме груза с помощью подвижного блока .....	56
2.2.12. Определение момента силы действующей на рычаг .....	59
2.2.13. Определение частоты колебаний груза на пружине.....	62
2.2.14. Определение частоты колебаний груза на нити .....	65
2.2.15. Измерение количества теплоты отданной телом при теплообмене .....	66
2.2.16. Измерение количества теплоты полученной телом при теплообмене .....	67
2.2.17. Измерение удельной теплоемкости металлического цилиндра .....	68
2.2.18. Определение электрического сопротивления резистора .....	70
2.2.19. Измерение мощности электрического тока .....	73
2.2.20. Измерение работы электрического тока .....	76
2.2.21. Измерение показателя преломления стекла .....	79
2.2.22. Измерение фокусного расстояния собирающей линзы.....	80
2.2.23. Измерение фокусного расстояния системы из двух линз .....	82
2.2.24. Определение оптической силы собирающей линзы.....	83
<b>2.3. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН .....</b>	<b>85</b>
2.3.1. Исследование зависимости перемещения бруска от времени.....	85

2.3.2. Исследование зависимости скорости бруска от времени .....	86
2.3.3. Исследование зависимости ускорения бруска от времени .....	88
2.3.4. Исследование зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей.....	91
2.3.5. Исследование зависимости силы трения от рода соприкасающихся поверхностей..	93
2.3.6. Исследование зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления .....	95
2.3.7. Исследование зависимости силы трения от площади соприкасающихся поверхностей .....	96
2.3.8. Исследование зависимости силы упругости от степени деформации пружины.....	100
2.3.9. Исследование зависимости деформации пружины от приложенной силы.....	101
2.3.10. Исследование зависимости выталкивающей силы от объёма погруженной части тела .....	103
2.3.11. Исследование зависимости выталкивающей силы от массы погруженного тела....	106
2.3.12. Исследование зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.....	107
2.3.13. Исследование зависимости массы вещества от объёма .....	109
2.3.14. Проверка условия равновесия рычага.....	112
2.3.15. Исследование зависимости периода колебаний груза на нити от длины нити .....	114
2.3.16. Исследование зависимости периода колебаний груза на пружине от массы .....	117
2.3.17. Исследование зависимости периода колебаний груза на пружине от ее жесткости	119
2.3.18. Исследование изменения температуры воды при различных условиях.....	121
2.3.19. Исследование зависимости силы тока через проводник от напряжения на его концах.....	122
2.3.20. Исследование зависимости сопротивления от длины проводника.....	126
2.3.21. Исследование зависимости сопротивления от площади поперечного сечения проводника.....	127
2.3.22. Исследование зависимости сопротивления от удельного сопротивления материала проводника.....	129
2.3.23. Исследование зависимости сопротивления проводника от температуры.....	130
2.3.24. Проверка правила для электрического напряжения при последовательном соединении резисторов.....	132
2.3.25. Проверка правила для силы тока при параллельном соединении резисторов.....	134
2.3.26. Проверка правила для электрического сопротивления при последовательном соединении резисторов.....	136
2.3.27. Исследование зависимости угла преломления от угла падения на границу воздух-стекло .....	138
2.3.28. Исследование зависимости размера изображения от расстояния от линзы до экрана .....	140
2.3.29. Исследование свойства изображения, полученного с помощью собирающей линзы .....	141
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>144</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>144</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Содержание работ практикума нацелено на формирование у школьников экспериментальных умений, соответствующих перечню требований ФГОС ООО к уровню подготовки обучающихся, освоивших общеобразовательные программы основного общего образования по физике, а именно:

- умения формулировать цели проведения и выводы описанного опыта или наблюдения;
- умения конструировать экспериментальную установку, выбирать порядок проведения опыта в соответствии с предложенной гипотезой;
- умения использовать физические приборы и измерительные инструменты для прямых измерений физических величин;
- умения выражать результаты измерений и расчетов в единицах Международной системы.
- умения проводить анализ результатов экспериментальных исследований, в том числе выраженных в виде таблицы или графика;
- умения обобщать результаты проведенных исследований.

Работы практикума, описанные в пособии, представлены в трех разделах. Разделы включены в пособие на основании спецификации ФИПИ к материалам ОГЭ по физике на 2021 год, в котором предлагается проверка экспериментальных умений связанных с непосредственным использованием учебного оборудования и проведением натурных опытов (задания № 15 и 17).

Целью подготовки школьников к выполнению задания №15 (в пособии раздел 1 «Прямые измерения физических величин») является формирование умений проводить прямые измерения различных величин с использованием измерительных приборов, правильно составлять схемы включения приборов в экспериментальную установку, проводить серию измерений, а также представлять результаты измерений с учетом погрешностей.

За выполнение работы практикума из этого раздела в соответствии с кодификатором ФИПИ рекомендуется выставлять оценку в 1 балл. Эта оценка выставляется в случае, если записанный в бланке ответов результат измерения попадает в интервал возможных значений, определенный с учетом допусков на характеристики учебного оборудования заявленные в спецификации ФИПИ (или предприятия - изготовителя).

Экспериментальное задание №17 (В пособии раздел 2 «Косвенные измерения физических величин» и раздел 3 «Исследование зависимостей физических величин») проверяет:

1) *умение проводить косвенные измерения физических величин*: плотности вещества; силы Архимеда; коэффициента трения скольжения; жёсткости пружины; момента силы, действующего на рычаг; работы силы упругости при подъёме груза с помощью подвижного или неподвижного блока; работы силы трения; оптической силы и фокусного расстояния собирающей линзы; электрического сопротивления резистора; работы и мощности тока;

2) *умение представлять экспериментальные результаты в виде таблиц, графиков или схематических рисунков и делать выводы на их основании характере зависимости*

одной физической величины от другой, в частности: о зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от степени деформации пружины; о зависимости силы трения скольжения от силы нормального давления и от рода поверхности; о зависимости архимедовой силы от объёма погруженной части тела; о зависимости силы тока, возникающей в проводнике, от напряжения на концах проводника; о свойствах изображения, полученного с помощью собирающей линзы.

В отличии от прошлых лет содержание задания 17 расширилось. Так, например, к проведению косвенных измерений добавлено исследование зависимости одной физической величины от другой, включающее не менее трёх прямых измерений с записью абсолютной погрешности.

Оценку за выполнение работы практикума из разделов 2 и 3 рекомендуется проводить по 3-х балльной системе.

Балл 3 выставляют за полностью правильное выполнение задания, включающее в себя:

1) схематичный рисунок экспериментальной установки;

2) формулу для расчета искомой величины по доступным для измерения величинам; правильно записанные результаты прямых измерений этих величин с учетом абсолютных погрешностей;

3) сформулированный правильный вывод.

Балл 2 выставляют, если приведены все элементы правильного ответа 1-3, но допущена ошибка при вычислении значения искомой величины, или допущена ошибка при обозначении единиц измерения искомой величины, или допущена ошибка в схематичном рисунке экспериментальной установки, или рисунок отсутствует, или отсутствует формула в общем виде для расчета искомой величины.

Балл 1 выставляется, если правильно приведены значения прямых измерений величин с учетом абсолютных погрешностей, но в элементах ответа 1 и 3 допущены ошибки или эти элементы отсутствуют. Или сделан рисунок экспериментальной установки и приведены результаты измерений с учетом погрешностей измерений, но в одном из них допущена ошибка.

Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2, или 3 баллов, такие как разрозненные записи или отсутствие попыток выполнения задания, оценивается баллом 0.

Перед выполнением работ практикума учеников следует ознакомить с инструкцией по безопасному выполнению учебных опытов, приводимой ниже.

### ИНСТРУКЦИЯ по правилам безопасности труда для учащихся при проведении экзамена в кабинете физики

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания организатора экзамена.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения организатора экзамена.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своём рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. Перед выполнением работы внимательно изучите её содержание и порядок выполнения.
5. При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов.

6. При сборке экспериментальных установок используйте провода (с наконечниками и предохранительными чехлами) с прочной изоляцией без видимых повреждений. Запрещается пользоваться проводником с изношенной изоляцией.

7. При сборке электрической цепи избегайте пересечения проводов.

8. Источник тока к электрической цепи подключайте в последнюю очередь. Собранную цепь включайте только после проверки и с разрешения организатора экзамена.

9. Не производите переключения в цепях до отключения источника электропитания.

10. Пользуйтесь инструментами с изолирующими ручками.

11. По окончании работы отключите источник электропитания, после чего разберите электрическую цепь.

12. Не уходите с рабочего места без разрешения организатора экзамена.

13. Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник электропитания и сообщите об этом организатору экзамена.

## 1. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ООО «ХИМЛАБО»

Оборудование для проверки сформированности экспериментальных умений выпускников основной школы при проведении основного государственного экзамена по физике выпускается в виде семи тематических комплектов. Их состав полностью обеспечивает выполнение натурных опытов в соответствии со спецификацией контрольных измерительных материалов ФИПИ. Каждый комплект снабжен специальным ложементом, в нишах которого размещаются его детали при хранении.

**Комплект № 1** позволяет измерять среднюю плотность вещества и архимедову силу, исследовать зависимость архимедовой силы от объема погруженной части тела и от плотности жидкости, а также независимость выталкивающей силы от массы тела.

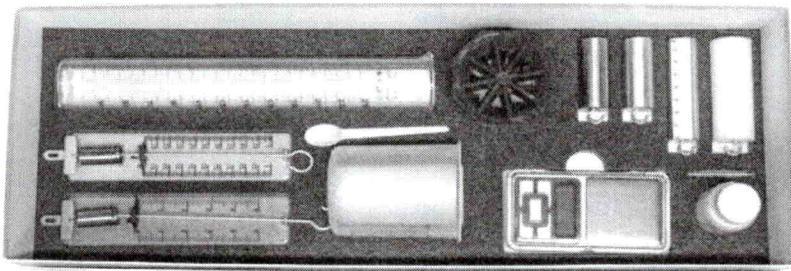


Рис. 1.1. Общий вид комплекта

В состав комплекта входят:

- весы электронные (предел измерения 200 г);
- цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2$  мл);
- стакан лабораторный полимерный 250 мл;
- динамометр 1 Н ( $C = 0,02$  Н);
- динамометр 5 Н ( $C = 0,1$  Н);
- флакон с поваренной солью 40 г;
- ложка для перемешивания;
- цилиндр стальной № 1,  $V = 25$  см<sup>3</sup>,  $m = 195$  г;
- цилиндр алюминиевый № 2,  $V = 25$  см<sup>3</sup>,  $m = 70$  г;
- цилиндр пластиковый № 3,  $V = 56$  см<sup>3</sup>,  $m = 66$  г, со шкалой 80 мм ( $C = 1$  мм);
- цилиндр алюминиевый № 4,  $V = 34$  см<sup>3</sup>,  $m = 95$  г, со шкалой 80 мм ( $C = 1$  мм);
- нить суровая – длина 1м;
- ложемент.

**Комплект № 2** позволяет измерять жесткость пружины, коэффициент трения скольжения, работу силы трения и силы упругости, а также исследовать зависимость силы трения скольжения от силы нормального давления и от рода поверхности, зависимость силы упругости, возникающей в пружине, от степени деформации.

В состав комплекта входят:

- основание штатива;
- муфта штатива;
- ключ М6;
- стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой;
- стержень Ø6x160 мм с гайкой;
- динамометр 1 Н ( $C = 0,02$  Н);

динамометр 5 Н ( $C = 0,1$  Н);  
 пружина 1 (жёсткость 50 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$  мм);  
 пружина 2 (жёсткость 10 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$  мм);  
 груз №1, №2, №3 ( $m = 100$  г каждый);  
 набор отдельных грузов ( $m = 30$  г - 2 шт.,  $m = 10$  г - 2 шт.);  
 линейка (длина 300 мм);  
 транспортир;  
 бруск с крючком ( $m = 50$  г);  
 нить суровая – длина 1м;  
 направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения);  
 ложемент.

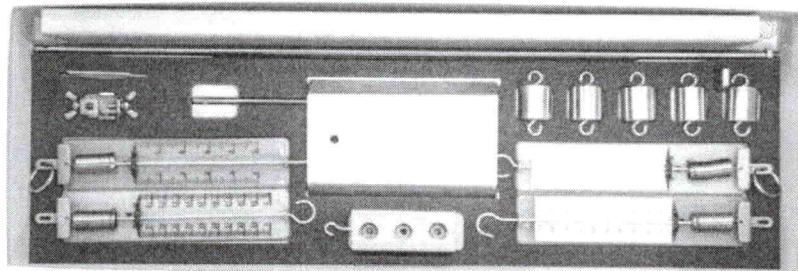


Рис. 1.2. Общий вид комплекта

**Комплект № 3** позволяет измерять сопротивление резистора, мощность и работу электрического тока, исследовать зависимость силы тока от напряжения, зависимость сопротивления от длины проводника, площади поперечного сечения и удельного сопротивления, а также проверять зависимость напряжения при последовательном соединении проводников и зависимость тока при параллельном соединении проводников.

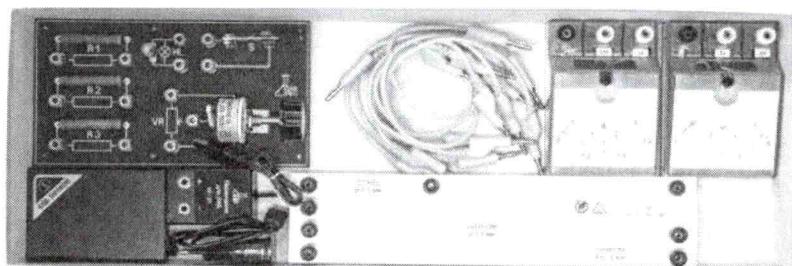


Рис. 1.3. Общий вид комплекта

В состав комплекта входят:

источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В,

ИЛИ

источник питания постоянного тока 5 В, в составе:

- внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя)
- сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя)
- переходник для внешнего аккумулятора;

вольтметр двухпределный: 0 – 3 В ( $C=0,1$  В); 0 – 6 В ( $C=0,2$  В);

амперметр двухпределный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$  А); 0 – 3 А ( $C=0,1$  А);

плата на подставке (рабочее поле), на которой закреплены: переменный резистор (реостат) с ручкой VR = 10 Ом, резистор R1=4,7 Ом, резистор

$R_2=5,7$  Ом, резистор  $R_3 = 8,2$  Ом, лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А), ключ электрической цепи и контактные гнезда; набор проволочных резисторов на подставке; набор из восьми соединительных проводов.

**Комплект № 4** позволяет измерять оптическую силу собирающей линзы, фокусное расстояние и показатель преломления стекла. Исследовать свойства изображения, полученного с помощью собирающей линзы, изменение фокусного расстояния двух сложенных линз, зависимость угла преломления от угла падения на границе воздух-стекло.

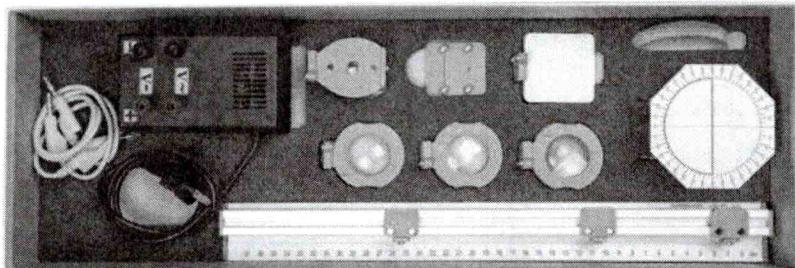


Рис. 1.4. Общий вид комплекта

В состав комплекта входят:

источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В,

ИЛИ

источник питания постоянного тока 5 В, в составе:

- внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя)
- сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя)
- переходник для внешнего аккумулятора;

собирающая линза 1  $F_1 = 100$  мм;

собирающая линза 2  $F_2 = 50$  мм;

рассевающая линза 3  $F_3 = -75$  мм;

экран;

слайд с отверстием в виде буквы F и с щелевым отверстием;

оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм;

осветитель (светодиодный источник света);

полуцилиндр (плоская стеклянная пластина);

планшет с круговым транспортиром;

линейка (длина 150 мм);

соединительные провода;

ложемент.

**Комплект № 5** позволяет измерять ускорение и среднюю скорость движения бруска по наклонной плоскости; частоту и период колебаний математического и пружинного маятников, а также исследовать зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей; периода (частоты) колебаний нитяного маятника от длины нити, периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жесткости пружины, и независимости периода колебаний нитяного маятника от массы груза.

В состав комплекта входят:

источник питания постоянного тока 5 В, в составе:

- внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя)
- сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя)

-переходник для внешнего аккумулятора;  
 штатив с основанием, стержнем Ø8x550 мм с гайкой, лапкой, муфтой и рожковым ключом размером S10;  
 стержень Ø6x160 мм ;  
 пружина 1 (жёсткость 50 Н/м);  
 пружина 2 (жёсткость 20 Н/м);  
 груз ( $m = 100$  г);  
 транспортир;  
 бруск с крючком ( $m = 50$  г) (с поверхностями с различными коэффициентами трения);  
 нить суровая – длина 1м;  
 направляющая длиной 500 мм ;  
 узел крепления направляющей;  
 узел крепления пружины;  
 лента измерительная;  
 электронный секундомер с двумя инфракрасными датчиками;  
 ложемент.

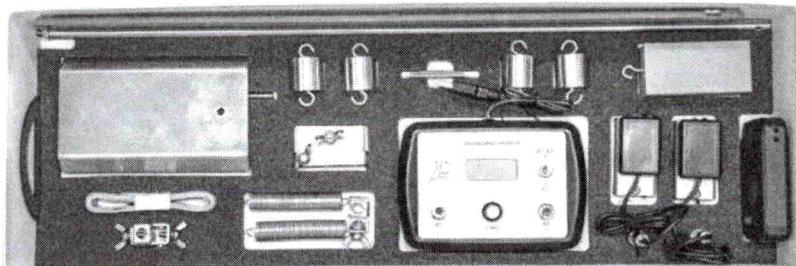


Рис. 1.5. Общий вид комплекта

**Комплект № 6** позволяет измерять момент силы, действующей на рычаг, работу силы упругости при подъеме груза с помощью неподвижного блока, работу силы упругости при подъеме груза с помощью подвижного блока, а также проверить условия равновесия рычага.

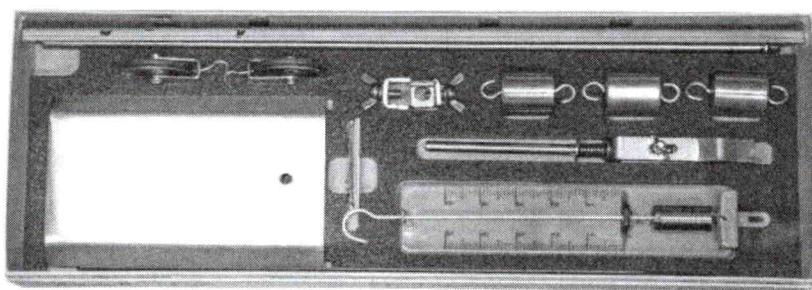


Рис. 1.6. Общий вид комплекта

В состав комплекта входят:

штатив с основанием, стержнем Ø8x380 мм с гайкой, лапкой, муфтой и рожковым ключом размером S10;  
 рычаг с креплениями для грузов;  
 блок подвижный/;  
 блок неподвижный;  
 нить суровая – длина 1м;  
 динамометр 5 Н ( $C = 0,1$  Н);  
 груз  $m = 100$  г ;  
 линейка (длина 300 мм);

транспортир;  
нить суровая – длина 1 м;  
ложемент.

**Комплект № 7** позволяет измерить удельную теплоёмкость металлического цилиндра, количество теплоты, полученное водой комнатной температуры и отданное нагретым цилиндром, исследование изменения температуры воды при различных условиях.

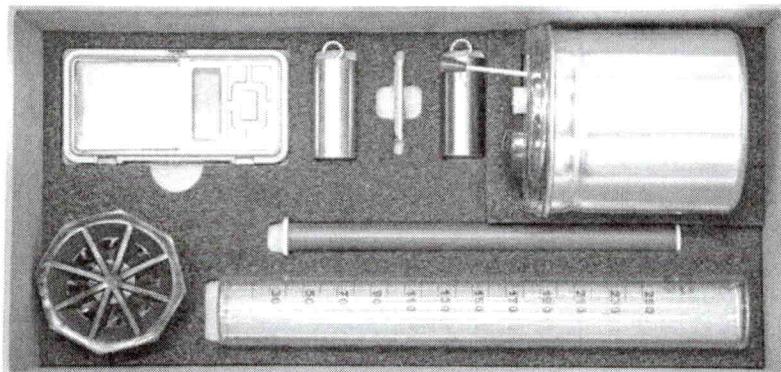


Рис. 1.7. Общий вид комплекта

В состав комплекта входят:

весы электронные (предел измерения 200 г);  
цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2$  мл);  
цилиндр стальной № 1,  $V = 25 \text{ см}^3$ ,  $m = 195 \text{ г}$ ;  
цилиндр алюминиевый № 2,  $V = 25 \text{ см}^3$ ,  $m = 70 \text{ г}$ ;  
калориметр;  
термометр стеклянный типа ТС-4М;  
ложемент.

## 2. РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

### 2.1 ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

#### 2.1.1. Измерение массы электронными весами

**Цель опыта:** измерить значение массы тела весами с цифровой индикацией показаний, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 1, соберите экспериментальную установку и измерьте массы цилиндров №1, 2, 3 и 4.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите предел измерения массы цифровыми весами и дискретность измерения;
- представьте в виде таблицы результаты измерений;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

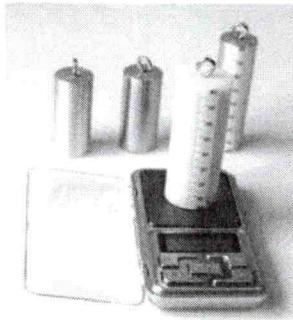
#### Характеристика оборудования

1	Весы электронные (предел измерения 200 г, дискретность отсчета 0,01г)
2	Цилиндр стальной № 1, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 195 \text{ г}$
3	Цилиндр алюминиевый № 2, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 70 \text{ г}$
4	Цилиндр пластиковый № 3, $V = 56 \text{ см}^3$ , $m = 66 \text{ г}$
5	Цилиндр алюминиевый № 4, $V = 34 \text{ см}^3$ , $m = 95 \text{ г}$

1. Порядок выполнения задания
2. Разработайте конструкцию установки для измерения массы цилиндров.
3. Изучите по инструкции порядок работы с электронными весами.
4. Определите предел измерения массы и дискретность отсчета показаний весов.
5. Подготовьте весы для измерения массы тел в граммах.
6. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений

№ цилиндра	Показание весов $m, \text{ г}$	Абсолютная погрешность $\Delta m, \text{ г}$	Масса цилиндра $m \pm \Delta m, \text{ г}$
1			
2			
3			
4			

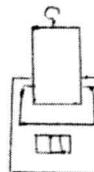
7. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке.



8. Измерьте весами поочередно массы цилиндров №1, 2, 3 и 4. Результаты измерений занесите в таблицу.
9. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta m$  каждого измерения, приняв за нее дискретность цифрового табло весов.
10. Запишите значение массы каждого цилиндра с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $m \pm \Delta m$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки:
2. Предел измерения и дискретность показаний электронных весов 200г; 0,01г.
3. Результаты измерений:



№ цилиндра	Показание весов $m$ , г	Абсолютная погрешность $\Delta m$ , г	Масса цилиндра $m \pm \Delta m$ , г
1			
2			
3			
4			

**Указание экспертам.**

Значения масс цилиндров, полученные в опыте, не должны выходить за границы интервала допустимых значений, указанных в спецификации ФИПИ:

цилиндр стальной № 1  $m = (195 \pm 2)$  г; цилиндр алюминиевый № 2  $m = (70 \pm 2)$  г; пластиковый цилиндр № 3  $m = (66 \pm 2)$  г, цилиндр алюминиевый № 4  $m = (95 \pm 2)$  г.

Верными ответами считать записи результатов измерений, если значение массы цилиндра №1 указано в интервале (193 – 197) грамм, цилиндра №2 в интервале (68 – 72) грамм, цилиндра №3 в интервале (64 – 68) грамм, цилиндра №4 в интервале (93 – 97) грамм, а погрешности всех измерений указаны как 0,01г.

### 2.1.2. Измерение линейных размеров предметов

**Цель опыта:** определить с помощью линейки размеры бруска трибометра и основания штатива, оценить погрешность результатов измерений.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 2, соберите экспериментальную установку и измерьте длину А, ширину В и высоту С деревянного бруска трибометра, длину а и ширину в основания штатива.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите пределы измерения и цену деления шкалы линейки;
- представьте в виде таблицы результаты измерений длины, ширины и высоты бруска, длины и ширины основания штатива;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

1.	Бруск массой $m = (50 \pm 5)$ г
----	---------------------------------

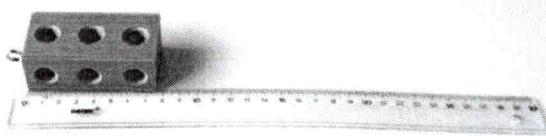
2	Линейка 0 - 300 мм; С = 1 мм
3	Основание штатива

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте план проведения измерений линейных размеров бруска и основания штатива.
2. Определите пределы измерения и цену деления шкалы линейки.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Измеряемый размер	Результат измерения, мм	Абсолютная погрешность, мм	Значение размера, мм
A			
B			
C			
a			
b			

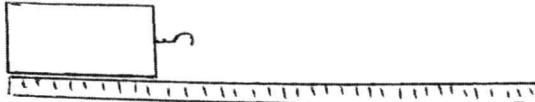
4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке



5. Измерьте линейкой поочередно длину А, ширину В и высоту С бруска, длину а и ширину в основания штатива. Результаты измерений занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta$  каждого измерения, приняв за нее цену деления шкалы линейки.
7. Запишите значения размеров тел с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $A \pm \Delta A$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Пределы измерения линейки 0 - 300 мм; цена деления шкалы линейки С = 1мм;
3. Результаты измерений:

Измеряемый размер	Результат измерения, мм	Абсолютная погрешность, мм	Значение размера, мм
A	75	1	$75 \pm 1$
B	40	1	$40 \pm 1$
C	30	1	$30 \pm 1$
a	140	1	$140 \pm 1$
b	90	1	$90 \pm 1$

**Указание экспертам.**

Значения линейных размеров бруска и основания штатива могут отличаться от указанных в таблице из-за разнотечений при определении положения краев поверхности предмета относительно делений шкалы линейки. Допустимы может считаться разброс значений в пределах абсолютной погрешности измерения - 1мм.

Верными ответами считать записи результатов измерений А; В; С; а и в, если указанные в таблице значения размеров попадают в интервалы: А от 74 ÷ 76 мм; В - 39 ÷ 41 мм; С - 29 ÷ 31 мм; а - 139 ÷ 141 мм и в - 89 ÷ 91 мм, погрешность измерения указана как 1мм.

**2.1.3. Измерение объема тела мерным цилиндром**

**Цель опыта:** измерить значение объема тела, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 1, соберите экспериментальную установку и измерьте объемы цилиндров №1, 2, 3 и 4.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите предел измерения объема мерным цилиндром и цену деления его шкалы;
- представьте в виде таблицы результаты измерений;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

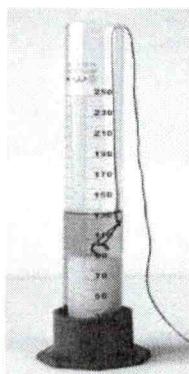
1.	Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2$ мл)
2	Цилиндр стальной № 1, $V = 25 \text{ см}^3$
3	Цилиндр алюминиевый № 2, $V = 25 \text{ см}^3$
4	Цилиндр пластиковый № 3, $V = 56 \text{ см}^3$
5	Цилиндр алюминиевый № 4, $V = 34 \text{ см}^3$

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте конструкцию установки для измерения объема мерным цилиндром.
2. Определите предел измерения объема и цену деления мерного цилиндра.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№ цилиндра	Начальный объем воды $V_0, \text{ мл}$	Объем воды после погружения $V_1, \text{ мл}$	Объем цилиндра, $V, \text{ см}^3$	Абсолютная погрешность $\Delta V, \text{ см}^3$	Значение объема $V \pm \Delta V, \text{ см}^3$
1					
2					
3					
4					

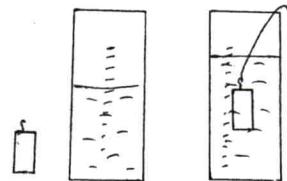
4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке.
5. Налейте в мерный цилиндр 150 мл воды. Значение начального объема воды  $V_0$  занесите в таблицу.



6. Погрузите в воду поочередно цилиндры № 1, 2, 3 и 4, занося в таблицу каждый раз значение объема воды после погружения цилиндра  $V_1$ .
7. Определите объем  $V$  погруженного цилиндра по формуле  $V = V_1 - V_0$ , значение объема занесите в таблицу переведя в см<sup>3</sup>
8. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta V$  каждого измерения, приняв за нее удвоенную цену деления шкалы мерного цилиндра.
9. Запишите значение объема каждого цилиндра с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $V \pm \Delta V$ .

### Образец возможного выполнения задания.

1. Возможный вид рисунка установки.
2. Предел измерения объема и цена деления шкалы 250 мл; С = 2 мл.
3. Результаты измерений:



№ цилиндра	Начальный объем воды $V_0$ , мл	Объем воды после погружения $V_1$ , мл	Объем цилиндра, $V$ , см <sup>3</sup>	Абсолютная погрешность $\Delta V$ , см <sup>3</sup>	Значение объема $V \pm \Delta V$ , см <sup>3</sup>
1					
2					
3					
4					

### Указание экспертам.

Реальные объемы цилиндров, использованных в опыте, могут иметь значения в границах интервалов, указанных в спецификации ФИПИ: цилиндр стальной № 1  $V = (25,0 \pm 0,3)$  см<sup>3</sup>, цилиндр алюминиевый № 2  $V = (25,0 \pm 0,7)$  см<sup>3</sup>, пластиковый цилиндр № 3  $V = (56,0 \pm 1,8)$  см<sup>3</sup>, цилиндр алюминиевый № 4  $V = (34,0 \pm 0,7)$  см<sup>3</sup>.

Поскольку значение объема цилиндра определялось по разности объемов воды до и после его погружения, абсолютная погрешность измерения объема принимается как удвоенная цена деления мерного цилиндра -  $\Delta V = 4$  см<sup>3</sup>.

Верными ответами считать записи результатов измерений, если значение объема цилиндра №1 указано в интервале  $(20,7 \div 29,3)$  см<sup>3</sup>, цилиндра №2 - в интервале  $(20,3 \div 29,7)$  см<sup>3</sup>, цилиндра №3 - в интервале  $(50,2 \div 61,8)$  см<sup>3</sup>, цилиндра №4 - в интервале  $(29,3 \div 38,7)$  см<sup>3</sup>, а погрешности всех измерений указаны как 4 см<sup>3</sup>.

### 2.1.4. Измерение расстояний

**Цель опыта:** измерить мерной лентой перемещение бруска по направляющей рейке.

**Задание.** Используя оборудование комплектов № 2 и 5, соберите экспериментальную установку и измерьте расстояния, которые проходит брускок за 1/3, 1/2 и полное перемещение вдоль направляющей рейки.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите предел измерения и цену деления шкалы мерной ленты при измерении расстояний в метрах;
- представьте в виде таблицы результаты измерений расстояний;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

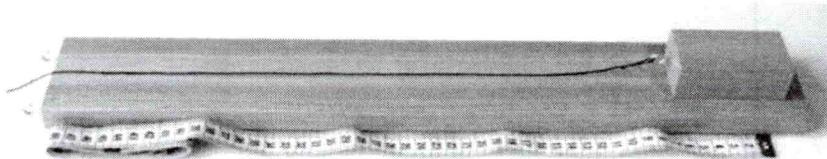
1.	Направляющая длиной не менее 500 мм (комплект №2).
2	Брускок с крючком и нитью (комплект №2)
3	Мерная лента (комплект №5)

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте конструкцию установки для измерения перемещения бруска вдоль направляющей.
2. Определите пределы измерения и цену деления шкалы мерной ленты для измерении расстояний в метрах.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Результат измерения $S$ , мм	Абсолютная погрешность $\Delta S$ , мм	Расстояние $S \pm \Delta S$ , мм
1			
2			
3			

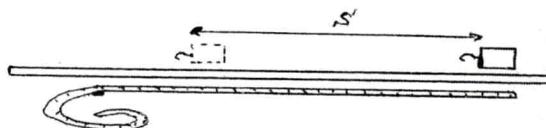
4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке.



5. Замерьте мерной лентой поочередно расстояния  $S$ , которые пройдет брускок за 1/3, 1/2 и весь путь по направляющей. Результаты измерений занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta S$  каждого измерения, приняв за нее цену деления шкалы мерной ленты.
7. Запишите значение расстояния, проходимого бруском на каждом отрезке пути с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $S \pm \Delta S$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки.



2. Пределы измерения мерной ленты  $0 \div 1,5$  м, Цена деления шкалы С = 1 мм.
3. Результаты измерений:

№	Результат измерения S, мм	Абсолютная погрешность $\Delta S$ , мм	Расстояние $S \pm \Delta S$ , мм
1	142	1	$142 \pm 1$
2	213	1	$213 \pm 1$
3	425	1	$425 \pm 1$

#### Указание экспертам.

Значения расстояний, полученные в опыте, определяются разностью между длиной направляющей и продольным размером бруска: 500мм - 75мм = 425мм. Следовательно, с учетом округлений, значения расстояний должны соответствовать числам; 142мм (L/3), 213 (L/2) и 425мм (L).

Верным ответом считать записи результатов измерений, если значения расстояний отличаются от приведенных в таблице не более чем на 1мм, а погрешность измерений указана как 1мм.

#### 2.1.5. Измерение удлинения пружины

**Цель опыта:** измерить удлинение пружины при ее деформации под действием веса прикрепленных грузов, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта №2, соберите экспериментальную установку и измерьте удлинения пружин 1 и 2 под действием веса подвешенного к груза массой 80г.

#### В бланке ответов:

- сделайте упрощенный экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкалы планшета пружины;
- представьте в виде таблицы результаты измерений удлинения пружины;
- запишите результаты измерений удлинения с учетом абсолютной погрешности.

#### Характеристика оборудования

1.	Пружина №1 на планшете с миллиметровой шкалой жёсткостью $(50 \pm 2)$ Н/м
2	Пружина №2 на планшете с миллиметровой шкалой жёсткостью $(10 \pm 2)$ Н/м
3	Набор отдельных грузов ( $m = 30$ г - 2 шт., $m = 10$ г - 2 шт.)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Ключ М6
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой

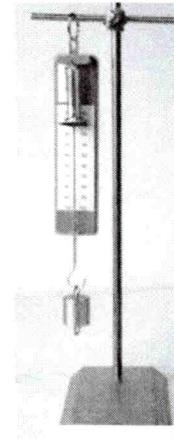
#### Порядок выполнения задания

1. Разработайте установку для измерения удлинения пружины под действием веса подвешенного к ней груза.
2. Определите цену деления шкал планшетов пружин.

3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

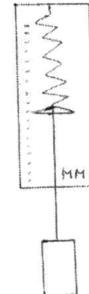
№ пружины	Удлинение $X$ , мм	Абсолютная погрешность $\Delta X$ , мм	Значение удлинения $X \pm \Delta X$ , мм
1			
2			

4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке
5. Измерьте поочередно удлинения пружин под действием груза массой 80г. Результаты измерений удлинений  $X$  занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta X$  каждого измерения, приняв за нее цену деления шкалы планшета.
7. Запишите значение удлинения каждой пружины с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $X \pm \Delta X$ .



#### Образец возможного выполнения задания.

1. Возможный вид рисунка установки.
2. Цена деления шкалы планшета пружины №1  $C = 1$  мм; . цена деления шкалы планшета пружины №2  $C = 1$  мм.
3. Результаты измерений



№ пружины	Удлинение $X$ , мм	Абсолютная погрешность $\Delta X$ , мм	Значение удлинения $X \pm \Delta X$ , мм
1	16	1	$16 \pm 1$
2	78	1	$78 \pm 1$

#### Указание экспертам.

Значения удлинений, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса значений жесткости пружин (Пружина №1 -  $(50 \pm 2)$  Н/м; Пружина №2 -  $(10 \pm 2)$  Н/м) и массы груза (по спецификации ФИПИ груз  $(80 \pm 1)$  г

Верными ответами считать записи результатов измерений, если значение удлинения пружины №1 попадает в интервал с нижней границей 14мм и верхней - 17мм, значение удлинения пружины №2 попадает в интервал с нижней границей 64мм и верхней - 99 мм, а погрешности измерений указаны как 1мм.

#### 2.1.6. Измерение углов

**Цель опыта:** измерить транспортиром угол между наклонной плоскостью и горизонтальной поверхностью, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 5, соберите экспериментальную установку и измерьте угол наклона направляющей относительно поверхности стола.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкалы транспортира;
- представьте в виде таблицы результаты измерений угла наклона направляющей;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

1	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
2	Транспортир
3	Основание штатива
4	Муфта штатива
5	Рожковый ключ S10
6	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
7	Стержень Ø6x160 мм
8	Узел крепления направляющей
9	Лента измерительная (длина 150 см)

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте конструкцию установки для измерения угла наклона направляющей относительно поверхности стола
2. Определите цену деления шкалы транспортира.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Показание транспортира $\alpha$ , град	Абсолютная погрешность $\Delta\alpha$ , град	Угол наклона $\alpha \pm \Delta\alpha$ , град
1			
2			
3			

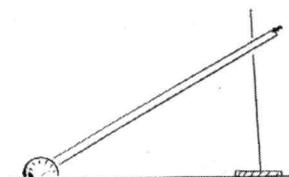
4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке.



5. Измерьте транспортиром поочередно угол наклона направляющей, при котором ее верхний конец находится на высоте 25 см, 35 см и 43 см. Показания транспортира  $\alpha$  занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta\alpha$  каждого измерения, приняв за нее половину цены деления шкалы транспортира.
7. Запишите значение угла наклона направляющей при каждом измерении с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $\alpha \pm \Delta\alpha$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки.
2. Цена деления шкалы транспортира:  $C = 10$ .
3. Результаты измерений:



№	Показание транспортира $\alpha$ , град	Абсолютная погрешность $\Delta\alpha$ , град	Угол наклона $\alpha \pm \Delta\alpha$ , град
1	30	0,5	$30 \pm 0,5$
2	45	0,5	$45 \pm 0,5$
3	60	0,5	$60 \pm 0,5$

#### Указание экспертам.

Значения углов наклона, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за погрешности при определении высоты крепления верхнего конца направляющей с использованием мерной ленты ( $C = 1$  мм) и разброса значений длины направляющей ( $\pm 1$  мм).

Верным ответом считать записи результатов измерений углов, если погрешность измерения указана как  $0,5^0$ , а значения углов отличаются от указанных в таблице не более чем на  $\pm 0,5^0$ .

#### 2.1.7. Измерение времени движения

**Цель опыта:** измерить секундомером время движения тела вдоль наклонной плоскости из положения покоя, оценить погрешность результата измерения времени.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 5, соберите экспериментальную установку и измерьте время движения бруска по наклонной направляющей от верхнего до нижнего конца.

#### В бланке ответов:

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите предел измерения времени цифровым секундомером и дискретность измерения;
- представьте в виде таблицы результаты измерений времени;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

#### Характеристика оборудования

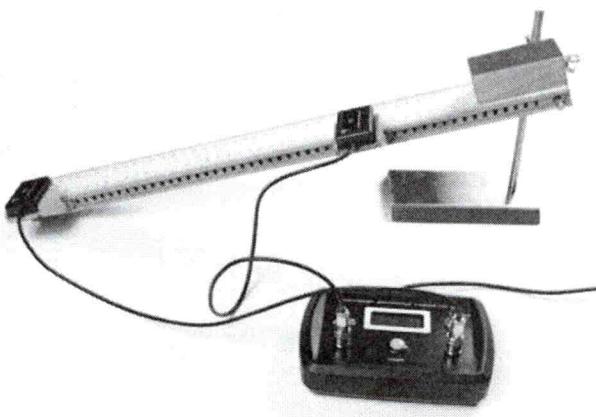
1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Основание штатива
4	Муфта штатива
5	Рожковый ключ S10
6	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
7	Стержень Ø6x160 мм
8	Узел крепления направляющей
9	Бруск (m = 50 г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
10	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
11	Транспортир

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте конструкцию установки для измерения времени движения бруска вдоль наклонной направляющей.
2. Изучите по инструкции порядок работы с электронным секундомером для измерения времени движения тела.
3. Определите предел измерения времени электронным секундомером и дискретность измерения.
4. Подготовьте секундомер для измерения времени движения.
5. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений

№	Показание секундомера $t$ с	Абсолютная погрешность $\Delta t$ , с	Время движения $t \pm \Delta t$ , с
1			
2			
3			

6. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке. Установите с помощью транспортира угол наклона направляющей в  $30^\circ$ .



7. Измерьте секундомером время движения бруска от верхнего до нижнего положения на направляющей. Показание секундомера  $t$  занесите в таблицу. Проведите три пуска бруска.

8. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta t$  каждого измерения, приняв за нее дискретность цифрового табло секундомера.

9. Запишите значение времени движения бруска при каждом пуске с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $t \pm \Delta t$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки
2. Предел измерения времени электронным секундомером составляет 9,999 секунд, дискретность измерения времени 0,001с.
3. Результаты измерений



№	Показание секундомера $t$ с	Абсолютная погрешность $\Delta t$ , с	Время движения $t \pm \Delta t$ , с
1	0,117	0,001	$0,117 \pm 0,001$
2	0,116	0,001	$0,116 \pm 0,001$
3	0,119	0,001	$0,119 \pm 0,001$

**Указание экспертам.**

Значения времени движения бруска, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса углов наклона направляющей в пределах цены

деления транспортира ( $\pm 1^0$ ), влиянии побочных факторов на движение бруска по направляющей.

Верным ответом считать записи результатов измерений времени движения, если погрешность измерения приведена как  $0,001\text{с}$ , а значения времени движения, указанные в таблице, попадают в интервал  $(0,1 \div 0,3)\text{с}$ .

### 2.1.8. Измерение полупериода колебания

**Цель опыта:** измерить электронным секундомером половину периода колебания нитяного маятника, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 5, соберите экспериментальную установку и измерьте секундомером половину периода колебаний нитяного маятника. Вычислите период колебаний маятника.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите предел измерения времени цифровым секундомером и дискретность измерения;
- представьте в виде таблицы результаты измерений половины периода колебаний;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

#### Характеристика оборудования

1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Основание штатива
4	Муфта штатива
5	Рожковый ключ S10
6	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
7	Стержень Ø6x160 мм
8	Груз ( $m = 100\text{ г}$ )
9	Брускок ( $m = 50\text{ г}$ )
10	Нить сюровая – длина 1м
11	Лента измерительная (длина 150 см)

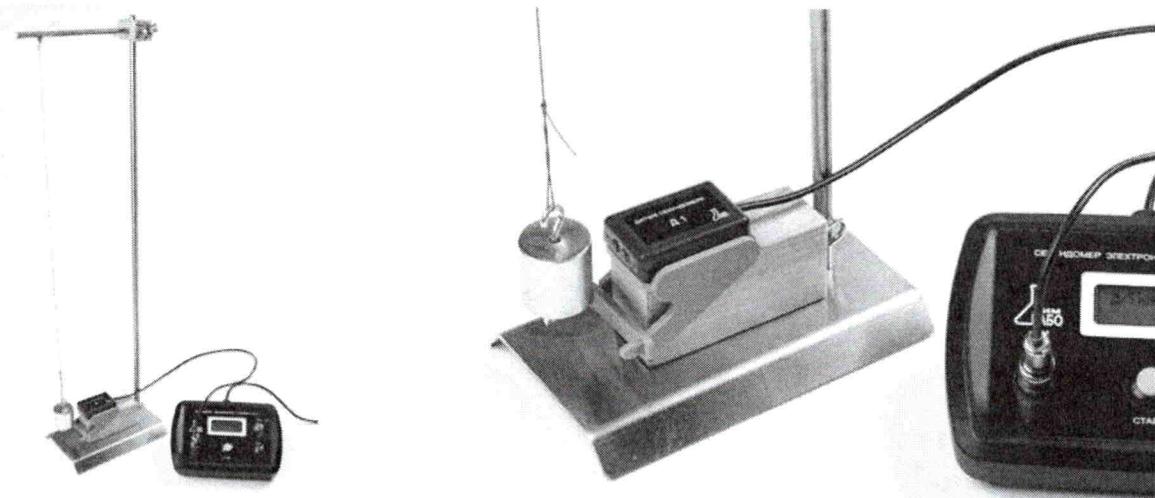
#### Порядок выполнения задания

1. Разработайте конструкцию установки для измерения половины периода колебаний нитяного маятника.
2. Изучите по инструкции порядок работы с цифровым секундомером.
3. Определите предел измерения времени цифровым секундомером и дискретность измерения.
4. Подготовьте секундомер для измерения половины периода колебаний маятника.
5. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений

№	Показание секундомера $t$ с	Абсолютная погрешность $\Delta t$ , с	Время движения $t \pm \Delta t$ , с
1			

2			
3			

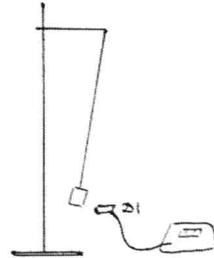
6. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке. Отрегулируйте длину подвеса так, чтобы расстояние от центра масс груза до точки подвеса равнялось 50 см. Расположите датчик секундомера рядом с подвешенным грузом как показано на рисунке.



7. Измерьте секундомером половину периода колебаний груза. Показание секундомера  $t$  занесите в таблицу. Повторите измерение три раза.  
 8. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta t$  каждого измерения, приняв за нее дискретность цифрового табло секундомера.  
 9. Запишите значение половины периода колебаний груза при каждом пуске с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $t \pm \Delta t$ .

#### Образец возможного выполнения задания.

1. Возможный вид рисунка установки.
2. Предел измерения цифрового секундомера составляет 9,999 секунд, дискретность измерения времени 0,001 с.
3. Результаты измерений



№	Показание секундомера $t$ с	Абсолютная погрешность $\Delta t$ , с	Время движения $t \pm \Delta t$ , с
1	0,691	0,001	$0,691 \pm 0,001$
2	0,695	0,001	$0,695 \pm 0,001$
3	0,689	0,001	$0,689 \pm 0,001$

#### Указание экспертам.

Значения половины периода колебаний, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса длины подвеса и влияния побочных факторов на колебание маятника.

Верным ответом считать записи результатов измерений половины периода, если погрешность измерения приведена как 0,001 с, а значения половины периода, указанные в таблице, попадают в интервал  $(0,65 \div 0,75)$  с.

### 2.1.9. Измерение периода колебаний

**Цель опыта:** измерить электронным секундомером период колебаний пружинного маятника, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 5, соберите экспериментальную установку и измерьте секундомером период колебаний пружинного маятника.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите предел измерения времени электронным секундомером и дискретность измерения;
- представьте в виде таблицы результаты измерений периода колебаний;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

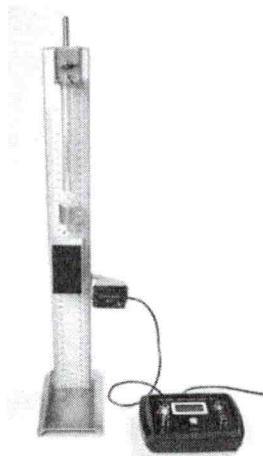
1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
8	Стержень Ø6x160 мм
9	Узел крепления направляющей
10	Узел крепления пружины
11	Пружина 2 (жёсткость 20 Н/м) – обозначено синей полосой
12	Груз ( $m = 100$ г)
13	Бруск ( $m = 50$ г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
14	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте конструкцию установки для измерения периода колебаний груза с бруском, подвешенных на пружине, электронным секундомером.
2. Изучите по инструкции порядок работы с электронным секундомером для измерения периода колебаний.
3. Определите предел измерения времени электронным секундомером и дискретность измерения.
4. Подготовьте секундомер для измерения периода колебаний маятника.
5. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Показание секундомера $T$ с	Абсолютная погрешность $\Delta T$ , с	Время движения $T \pm \Delta T$ , с
1			
2			
3			

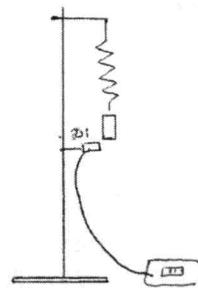
6. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке.



7. Измерьте секундомером период колебаний бруска. Показание секундомера  $T$  занесите в таблицу. Проведите три пуска бруска.
8. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta T$  каждого измерения, приняв за нее дискретность цифрового табло секундомера.
9. Запишите значение периода колебаний бруска при каждом пуске с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $T \pm \Delta T$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки.
2. Предел измерения времени электронным секундомером составляет 9,999 секунд, дискретность измерения времени 0,001с.
3. Результаты измерений:



№	Показание секундомера $T$ , с	Абсолютная погрешность $\Delta T$ , с	Период $T \pm \Delta T$ , с
1	0,542	0,001	$0,542 \pm 0,001$
2	0,551	0,001	$0,551 \pm 0,001$
3	0,546	0,001	$0,546 \pm 0,001$

**Указание экспертам.**

Значения периода колебаний бруска, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разбросов жесткости пружины, масс груза и бруска (По спецификации ФИПИ жёсткость  $(20 \pm 2)$  Н/м; масса груза  $(100 \pm 2)$  г, масса бруска  $(50 \pm 2)$  г), а также влияния побочных факторов.

Верным ответом считать записи результатов измерений периода колебаний, если погрешность измерения приведена как 0,001с, а значения периода колебания, указанные в таблице, попадают в интервал  $(0,5 \div 0,6)$ с.

### 2.1.10. Измерение силы трения скольжения

**Цель опыта:** измерить динамометром значение силы трения скольжения, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта №2, соберите экспериментальную установку и измерьте силу трения скольжения при перемещении деревянного бруска с грузами по деревянной поверхности направляющей рейки динамометрами с пределами измерения  $(0 \div 1)$  Н и  $(0 \div 5)$  Н.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкал динамометров с пределами измерения  $(0 \div 1)$  Н и  $(0 \div 5)$  Н;
- представьте в виде таблицы результаты измерений силы трения скольжения двумя динамометрами;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

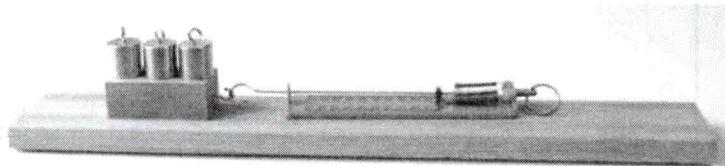
1.	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01$ Н)
2	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1$ Н)
3	Груз №1, №2, №3 ( $m = 100$ г каждый)
4	Бруск с крючком ( $m = 50$ г)
5	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте конструкцию установки для измерения динамометром силы трения скольжения бруска с тремя грузами о поверхность направляющей рейки (поверхность А).
2. Определите цену деления шкал динамометров с пределами измерения  $(0 \div 1)$  Н и  $(0 \div 5)$  Н.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Динамометр	Показание динамометра $F$ , Н	Абсолютная погрешность $\Delta F$ , Н	Сила трения $F \pm \Delta F$ , Н
Динамометр 1Н			
Динамометр 5Н			

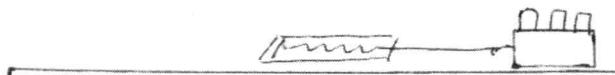
4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке



5. Измерьте поочередно двумя динамометрами силу трения бруска с установленными на нем тремя грузами о поверхность А направляющей рейки. Показания динамометров  $F$  занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta F$  каждого измерения, приняв за нее половину цены деления шкалы динамометра.
7. Запишите значение силы трения измеренные каждым из динамометров с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $F \pm \Delta F$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

## 1. Возможный вид рисунка установки



2. Цена деления шкалы динамометра с пределами  $(0 \div 1)$  Н С = 0,01 Н; динамометра с пределами  $(0 \div 5)$  Н С = 0,1 Н.

## 3. Результаты измерений

Динамометр	Показание динамометра F, Н	Абсолютная погрешность $\Delta F$ , Н	Сила трения $F \pm \Delta F$ , Н
Динамометр 1Н	0,65	0,005	$0,65 \pm 0,005$
Динамометр 5Н	0,6	0,05	$0,6 \pm 0,05$

**Указание экспертам.**

Значения сил трения скольжения, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса масс грузов и брусков (по спецификации ФИПИ соответственно до 2% и 10%).

Верным ответом считать записи результатов измерений двумя разными динамометрами, при которых интервалы допустимых значений силы трения имеют общие области, а погрешности измерений указаны как 0,005 Н и 0,05 Н.

**2.1.11. Измерение силы тяжести**

**Цель опыта:** измерить динамометром значение силы тяжести действующей на тело известной массы, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 2, соберите экспериментальную установку и измерьте поочередно двумя динамометрами силу тяжести действующую на наборный груз массой 80 грамм.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкал динамометров с пределами измерения  $(0 \div 1)$ Н и  $(0 \div 5)$ Н;
- представьте в виде таблицы результаты измерений силы тяжести двумя динамометрами;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

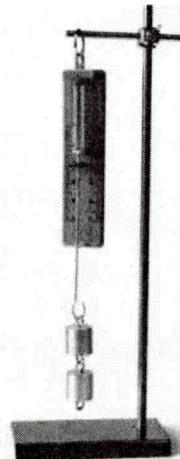
1.	Динамометр 1 Н (С = 0,01 Н)
2	Динамометр 5 Н (С = 0,1 Н)
3	Набор отдельных грузов (m = 30 г - 2 шт., m = 10 г - 2 шт.)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Ключ М6
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой

**Порядок выполнения задания**

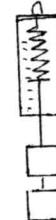
1. Разработайте конструкцию установки для измерения силы тяжести действующей на наборный груз массой 80 грамм.
2. Определите цену деления шкал динамометров с пределами измерения ( $0 \div 1$ ) Н и ( $0 \div 5$ ) Н.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений

Динамометр	Показание динамометра $F$ , Н	Абсолютная погрешность $\Delta F$ , Н	Сила тяжести $F \pm \Delta F$ , Н
Динамометр 1Н			
Динамометр 5Н			

4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке
5. Измерьте поочередно двумя динамометрами силу тяжести действующую на наборный груз общей массой 80 грамм. Показания динамометров  $F$  занесите в таблицу
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta F$  каждого измерения, приняв за нее половину цены деления шкалы динамометра.
7. Запишите значение силы тяжести, измеренные каждым из динамометров, с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $F \pm \Delta F$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Возможный вид рисунка установки
2. Цена деления шкалы динамометра с пределами ( $0 \div 1$ ) Н С = 0,01Н; динамометра с пределами ( $0 \div 5$ ) Н С = 0,1Н.
3. Результаты измерений



Динамометр	Показание динамометра $F$ , Н	Абсолютная погрешность $\Delta F$ , Н	Сила трения $F \pm \Delta F$ , Н
Динамометр 1Н	0,79	0,005	$0,79 \pm 0,005$
Динамометр 5Н	0,8	0,05	$0,8 \pm 0,05$

**Указание экспертам.**

Значения сил тяжести, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса масс наборного груза (по спецификации ФИПИ -  $(80 \pm 1)$  г)

Верным ответом считать записи результатов измерений двумя разными динамометрами, при которых интервалы допустимых значений силы тяжести имеют общие области, а погрешности измерений указаны как 0,005 Н и 0,05 Н.

### 2.1.12. Измерение силы упругости

**Цель опыта:** измерить динамометром значение силы упругости возникающей при деформации пружины, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта № 2, соберите экспериментальную установку и измерьте поочередно силы упругости возникающие при деформации на 90 мм двух пружин с разной жесткостью.

**В бланке ответов:**

- сделайте упрощенный рисунок экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкалы динамометра с пределами измерения ( $0 \div 5$ ) Н;
- представьте в виде таблицы результаты измерений сил упругости возникающих при деформации пружин.
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

#### Характеристика оборудования

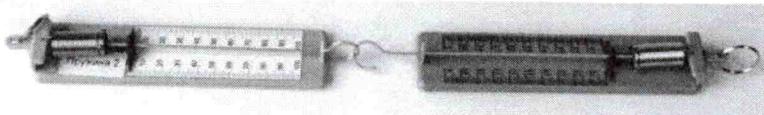
1.	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1$ Н)
2	Пружина 1 (жёсткость 50 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$ мм)
3	Пружина 2 (жёсткость 10 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$ мм)

#### Порядок выполнения задания

1. Разработайте конструкцию установки для измерения силы упругости деформированной пружины.
2. Определите цену деления шкалы динамометра.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№ пружины	Показание динамометра $F$ , Н	Абсолютная погрешность $\Delta F$ , Н	Сила упругости $F \pm \Delta F$ , Н
1			
2			

4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке



5. Измерьте динамометром поочередно силу упругости возникающие в пружинах №1 и №2 при растяжении каждой из них 90 мм. Показания динамометра  $F$  занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta F$  каждого измерения, приняв за нее половину цены деления шкалы динамометра.
7. Запишите значение силы упругости в каждой пружине с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $F \pm \Delta F$ .

#### Образец возможного выполнения задания.

1. Возможный вид рисунка установки



2. Цена деления шкалы динамометра  $C = 0,1$  Н.
3. Результаты измерений

№ пружины	Показание динамометра $F$ , Н	Абсолютная погрешность $\Delta F$ , Н	Сила упругости $F \pm \Delta F$ , Н
1	4,8	0,05	$4,8 \pm 0,05$
2	0,9	0,05	$0,9 \pm 0,05$

### Указание экспертам.

Значения сил упругости, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса жесткости пружин (по спецификации ФИПИ у пружины №1 ( $50 \pm 2$ ) Н/м, у пружины №2 ( $10 \pm 2$ ) Н/м и погрешности при определении величины растяжения по шкале планшета пружины ( $C = 1$  мм)).

Верным ответом считать записи результатов измерений, если значение силы упругости пружины №1 попадает в интервал ( $4,2 \div 4,8$ ) Н, пружины №2 - в интервал ( $0,7 \div 1,1$ ) Н, а погрешность измерения указана как 0,05 Н.

### 2.1.13. Измерение электрического напряжения

**Цель опыта:** измерить вольтметром значение напряжения на отдельных участках электрической цепи состоящей из трех резисторов соединенных последовательно и источника питания, оценить погрешности результатов измерений.

**Задание.** Используя оборудование комплекта №3, соберите экспериментальную установку и измерьте вольтметром напряжение на каждом из трех резисторов.

#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок схемы экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкалы вольтметра с пределами измерения  $0 \div 3$  В;
- представьте в виде таблицы результаты измерений напряжения на резисторах;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

#### Характеристика оборудования

1.	Источник питания постоянного тока 5 В
	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
2	Резистор $R_1=4,7$ Ом на плате
3	Резистор $R_2=5,7$ Ом на плате
4	Резистор $R_3 = 8,2$ Ом на плате
	Резистор $R_3 = 8,2$ Ом на плате
	Ключ электрической цепи на плате
	Соединительные провода

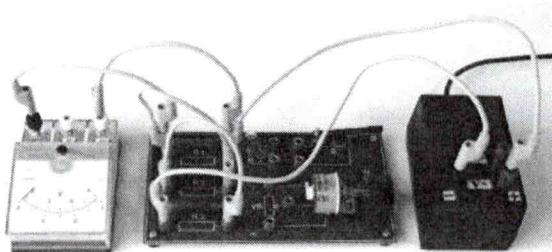
#### Порядок выполнения задания

- Разработайте принципиальную схему установки для измерения напряжения на трех резисторах соединенных последовательно
- Определите цену деления шкалы вольтметра с пределом измерения 0 - 3 В.
- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№ резистора	Показание вольтметра $U$ , В	Абсолютная погрешность $\Delta U$ , В	Значение напряжения $U \pm \Delta U$ , В
R1			

R2			
R3			

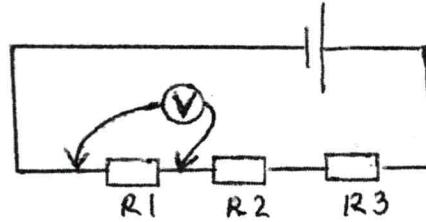
4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке (фото).



5. Измерьте вольтметром поочередно напряжение на резисторах R1, R2 и R3. Показания вольтметра U занесите в таблицу.
6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta U$  каждого измерения, приняв за нее половину цены деления шкалы вольтметра.
7. Запишите значение напряжения на каждом из резисторов с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $U = U \pm \Delta U$ .

#### Образец возможного выполнения задания.

1. Схема экспериментальной установки
2. Цена деления шкалы вольтметра с пределом измерения 0 - 3 В С = 0,1 В.
3. Результаты измерений



№ резистора	Показание вольтметра U, В	Абсолютная погрешность $\Delta U$ , В	Значение напряжения $U \pm \Delta U$ , В
R1	1,3	0,05	1,3 ± 0,05
R2	1,5	0,05	1,5 ± 0,05
R3	2,2	0,05	2,2 ± 0,05

#### Указание экспертам.

Значения напряжений, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса номиналов резисторов (до 5%).

Верным ответом считать записи результатов измерений напряжения, если погрешность измерения указана как 0,05 В, а приведенные в таблице значения напряжений на резисторах попадают в следующие интервалы: U1 - (1,2 ÷ 1,4) В, U2 - (1,4 ÷ 1,7) В, U3 - (2,0 ÷ 2,4) В.

#### 2.1.14. Измерение силы тока

**Цель опыта:** измерить значение силы тока с помощью амперметра, оценить погрешность результата измерения.

**Задание.** Используя оборудование комплекта №3, (источник постоянного напряжения 4,5 В, амперметр, резистор 4,7 Ом, резистор 5,7 Ом, резистор 8,2 Ом, ключ

и соединительные провода) соберите экспериментальную установку и измерьте силу тока в каждом из резисторов поочередно подключая их к источнику напряжения.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- укажите цену деления шкалы амперметра с пределами измерения 0 – 3 А;
- представьте в виде таблицы результаты измерений силы тока в резисторах;
- запишите результаты измерений с учетом абсолютной погрешности.

**Характеристика оборудования**

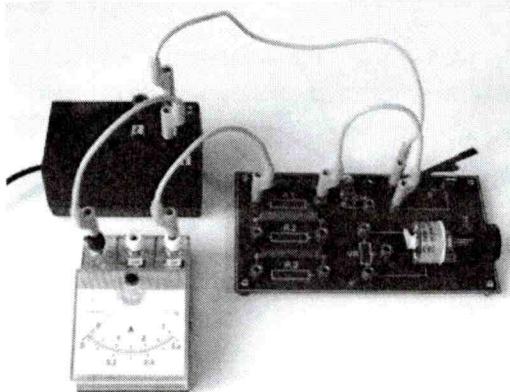
1.	Источник постоянного напряжения 4,5 В
2	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
3	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10$ Ом; - резистор $R1=4,7$ Ом - резистор $R2=5,7$ Ом - резистор $R3 = 8,2$ Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
4	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

1. Разработайте принципиальную схему установки для измерения силы тока в резисторе амперметром.
2. Определите цену деления шкалы амперметра с пределами измерения 0 – 3 А.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений

№	Показание амперметра $I$ , А	Абсолютная погрешность $\Delta I$ , А	Сила тока $I \pm \Delta I$ , А
1			
2			
3			

4. Соберите экспериментальную установку как показано на рисунке

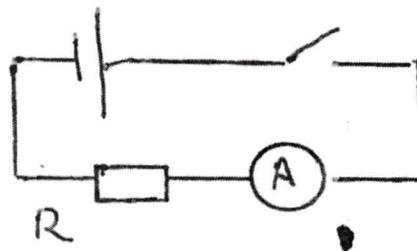


5. Измерьте силу тока поочередно в резисторах  $R1$ ,  $R2$  и  $R3$  подключая их поочередно к источнику напряжения. Показания амперметра  $I$  занесите в таблицу.

6. Укажите абсолютную погрешность  $\Delta I$  каждого измерения, приняв за нее половину цены деления шкалы амперметра.
7. Запишите значение силы тока в каждом резисторе с учетом абсолютной погрешности измерения по форме  $I \pm \Delta I$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Схема экспериментальной установки
2. Цена деления шкалы амперметра с пределами 0 - 3 А: 0,1 А
3. Результаты измерений



№	Показание амперметра $I$ , А	Абсолютная погрешность $\Delta I$ , А	Сила тока $I \pm \Delta I$ , А
1	1	0,05	$1 \pm 0,05$
2	0,8	0,05	$0,8 \pm 0,05$
3	0,6	0,05	$0,6 \pm 0,05$

**Указание экспертам.**

Значения силы тока, полученные в опыте, могут отличаться от указанных в таблице из-за разброса сопротивлений резисторов (до 5%) и нестабильности выходного напряжения источника тока.

Верным ответом считать записи результатов измерений значений силы тока, если погрешность измерения указана как 0,05 А а значения силы тока отличается от указанных в таблице не более чем на 20%.

## 2.2 КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 2.2.1. Измерение плотности жидкости

**Цель опыта:** определить плотность вещества в жидком состоянии с помощью мерного цилиндра и весов.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №1, (весы, цилиндр мерный, стакан с водой) соберите экспериментальную установку для определения плотности воды.

**В бланке ответов:**

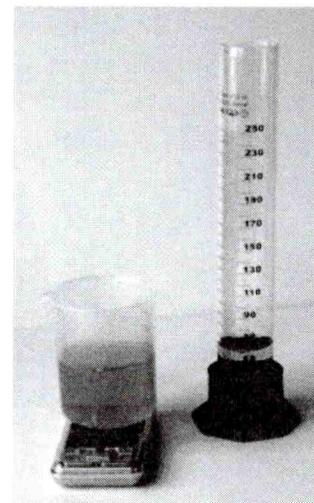
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета плотности;
- укажите результаты измерения объема и массы воды с учетом абсолютной погрешности;
- запишите численное значение плотности воды.

#### Характеристика оборудования

1	Весы учебные электронные, предел измерения не менее 200 г
2	Мерный цилиндр, предел измерения 250 мл ( $C = 2$ мл)
3	Стакан с водой (100 мл)

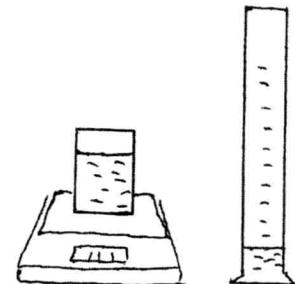
#### Порядок выполнения задания

1. Измерьте весами массу стакана с водой  $m_1$ ;
2. Перелейте воду из стакана в мерный цилиндр и измерьте ее объем  $V$ ;
3. Измерьте весами массу стакана без воды  $m_c$ ;
4. Вычислите массу воды  $m$  по формуле:  $m = m_1 - m_c$ ;
5. Запишите результаты измерений объема и массы воды с учетом абсолютных погрешностей (погрешность объема считать равной половине цены деления мерного цилиндра, погрешность массы - значению дискретности показаний электронных весов).
6. Вычислите и запишите значение плотности воды по формуле:  $\rho = m/V$



#### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $\rho = m/V$
3.  $V = (100 \pm 1)\text{мл} = (100 \pm 1) \text{ см}^3$   
 $m_1 = (126,32 \pm 0,01) \text{ г}$   
 $m_c = (26,32 \pm 0,01) \text{ г}$   
 $m = (100 \pm 0,02) \text{ г}$
4.  $\rho = 100\text{г}/100 \text{ см}^3 = 1\text{г}/\text{см}^3 = 1000\text{кг}/\text{м}^3$



**Указание экспертам**

Масса воды измеряется электронными весами с дискретностью измерения 0,01г по разности масс стакана с водой и без воды. Абсолютная погрешность измерения массы воды составит  $\Delta m = \pm 0,02\text{г}$ .

Объем воды измеряется мерным цилиндром с  $C = 2 \text{ см}^3$ . Абсолютная погрешность измерения объема составит  $\Delta V = \pm 1\text{см}^3$ .

Следовательно, значение плотности воды можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:  $(0,97 \div 103) \text{ г/см}^3 = (970 \div 1030) \text{ кг/ м}^3$ .

**2.2.2. Измерение плотности вещества твердого тела**

**Цель опыта:** определить плотность вещества, из которого изготовлено тело измерив его массу и объем

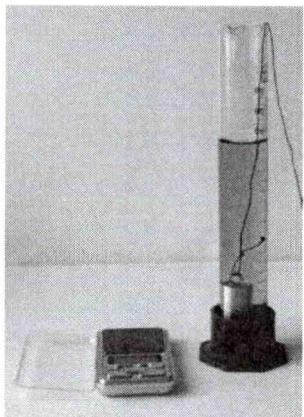
**Задание №1** Используя оборудование из набора №1 (электронные весы, цилиндр мерный , стакан с водой, цилиндр № 1 и нить ), соберите экспериментальную установку для определения плотность вещества, из которого изготовлен цилиндр № 1.

**В бланке ответов:**

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

**Характеристика оборудования**

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

**Порядок выполнения задания**

1. Измерьте весами массу цилиндра  $m$ ;
2. Налейте в мерный цилиндр воды и измерьте ее объем  $V_1$ ;
3. Привяжите к цилиндуру №1 нить для погружения его в воду;
4. Определите объем воды с цилиндром  $V_2$ ;
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

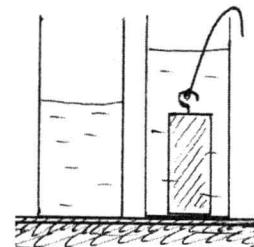
$$2. \rho = m/V$$

$$3. m = 195 \text{ г}$$

$$V_1 = 50 \text{ мл}$$

$$V_2 = 75 \text{ мл}$$

$$V = 25 \text{ мл} = 25 \text{ см}^3$$



$$4. \rho = 195\text{г}/25 \text{ см}^3 = 7,8\text{г}/\text{см}^3 = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$$

### Указание экспертам

Масса стального цилиндра №1, используемого в опыте, может иметь значение в интервале  $195 \pm 2\text{г}$  ( по спецификации ФИПИ).

При этом относительная погрешность ее измерения составит  $\delta_m = \frac{2\epsilon}{195\epsilon} \times 100\% \approx 1\%$

Погрешность измерения объема определяется погрешностями отсчетов по шкале мерного цилиндра объемов воды до и после его погружения  $\delta_{V1}$  и погрешностью из-за разницы значений реального объема от указанного в спецификации  $\delta_{V2}$ .

Погрешность измерения объема цилиндра по разности объемов воды в мерном цилиндре до и после погружения составит  $1 + 1 = 2 \text{ мл}$ , следовательно

$$\delta_{V1} = \frac{2\text{cm}^3}{25\text{cm}^3} \times 100\% = 8\%$$

Реальный объем цилиндра по данным из спецификации может иметь значение в интервале  $25,0 \pm 0,3 \text{ см}^3$ , следовательно,

$$\delta_{V2} = \frac{0,3\text{cm}^3}{25\text{cm}^3} \times 100\% \approx 1\%$$

$$\text{Тогда } \delta_V = \delta_{V1} + \delta_{V2} = 8\% + 1\% = 9\%$$

$$\text{При этом } \delta_\rho = \delta_m + \delta_V = 10\%.$$

$$\text{Откуда } \Delta\rho = \rho\delta_\rho \approx 0,8 \text{ г}/\text{см}^3$$

Следовательно, значение плотности вещества из которого изготовлен цилиндр №4, можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:

$$\rho = (7,8 \pm 0,8) \text{ г}/\text{см}^3 = (7800 \pm 800) \text{ кг}/\text{м}^3$$

**Задание №2** оборудование из набора №1 (электронные весы цилиндр мерный, стакан с водой, цилиндр № 4 и нить ), соберите экспериментальную установку для определения плотности вещества, из которого изготовлен цилиндр № 4.

### В бланке ответов:

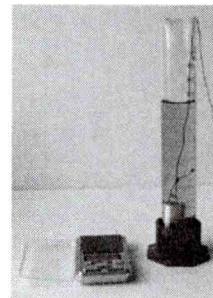
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета плотности;
- укажите результаты измерения массы цилиндра и его объема;
- запишите численное значение плотности материала цилиндра

### Характеристика оборудования

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

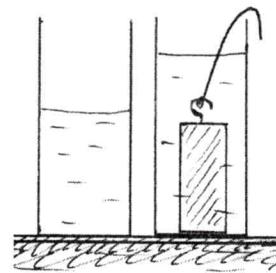
### Порядок выполнения задания

1. Измерьте весами массу цилиндра т.
2. Налейте в мерный цилиндр воды и измерьте ее объем V1.
3. Привяжите к цилинду №1 нить для погружения его в воду.
4. Определите объем воды с цилиндром V2.
5. Вычислите объем цилиндра V по формуле:  $V = V2 - V1$ .
6. Вычислите плотность вещества цилиндра по формуле:  $\rho = m/V$ .



**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки.
2.  $\rho = m/V$
3.  $m = 95 \text{ г}$   
 $V_1 = 100 \text{ мл}$   
 $V_2 = 134 \text{ мл}$   
 $V = 34 \text{ мл} = 34 \text{ см}^3$
4.  $\rho = 95 \text{ г}/34 \text{ см}^3 = 2,8 \text{ г}/\text{см}^3 = 2800 \text{ кг}/\text{м}^3$

**Указание экспертам**

Масса алюминиевого цилиндра №4, используемого в опыте, может иметь значение в интервале  $95 \pm 2 \text{ г}$  ( по спецификации ФИПИ).

При этом относительная погрешность ее измерения составит  $\delta_m = \frac{2}{95} \times 100\% \approx 2\%$

Погрешность измерения объема определяется погрешностями отсчетов по шкале мерного цилиндра объемов воды до и после его погружения  $\delta_{V1}$  и погрешностью из-за разницы значений реального объема от указанного в спецификации  $\delta_{V2}$ .

Погрешность измерения объема цилиндра по разности объемов воды в мерном цилиндре до и после погружения составит  $1 + 1 = 2 \text{ мл}$ , следовательно

$$\delta_{V1} = \frac{2 \text{ см}^3}{34 \text{ см}^3} \times 100\% = 6\%$$

Реальный объем цилиндра по данным из спецификации может иметь значение в интервале  $34,0 \pm 0,7 \text{ см}^3$ , следовательно,

$$\delta_{V2} = \frac{0,7 \text{ см}^3}{34 \text{ см}^3} \times 100\% = 2\%$$

$$\text{Тогда } \delta_V = \delta_{V1} + \delta_{V2} = 6\% + 2\% = 8\%$$

$$\text{При этом } \delta_\rho = \delta_m + \delta_V = 10\%.$$

$$\text{Откуда } \Delta\rho = \rho\delta_\rho \approx 0,3 \text{ г}/\text{см}^3$$

Следовательно, значение плотности вещества из которого изготовлен цилиндр №4, можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:

$$\rho = (2,8 \pm 0,3) \text{ г}/\text{см}^3 = (2800 \pm 300) \text{ кг}/\text{м}^3$$

### 2.2.3. Определение выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело

**Цель опыта:** измерить выталкивающую силу действующую на погруженное в воду тело по разнице его веса в воздухе и в воде.

**Задание 1.** Используя оборудование из набора №1 (динамометр с пределом 5Н, стальной цилиндр, и стакан с водой), соберите экспериментальную установку и определите выталкивающую силу, действующую на цилиндр погруженный в воду.

**В бланке ответов:**

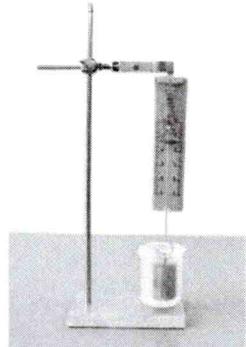
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета выталкивающей силы;
- запишите результаты измерений веса цилиндра в воздухе и в воде;
- запишите численное значение выталкивающей силы.

**Характеристика оборудования**

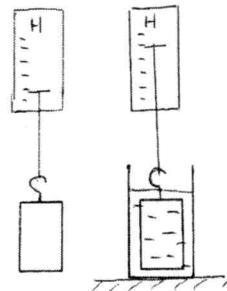
1	Цилиндр стальной № 1, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 195 \text{ г}$
2	Стакан с водой
3	Динамометр с пределом измерения 5Н

**Порядок выполнения задания**

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

**Образец возможного выполнения задания**

- Возможный вид рисунка установки
- $P_1 = 2 \text{ Н}$
- $P_2 = 1,7 \text{ Н}$
- $F_{\text{выт}} = 2 \text{ Н} - 1,7 \text{ Н} = 0,3 \text{ Н}$

**Указание экспертам**

Для измерения веса используется динамометр с ценой деления 0,1Н. Следовательно, абсолютная погрешность измерения веса составит  $\Delta P = 0,05\text{Н}$ .

Поскольку выталкивающая силы 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:

$$F_{\text{выт}} = (0,3 \pm 0,1) \text{ Н}$$

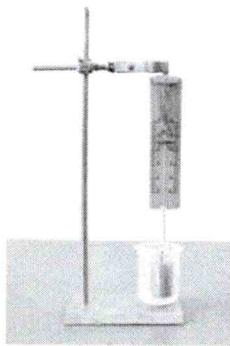
**Задание 2.** Используя оборудование из набора №1 (динамометр с пределом 1Н, алюминиевый цилиндр №2, и стакан с водой), соберите экспериментальную установку и определите выталкивающую силу, действующую на цилиндр погруженный в воду.

**В бланке ответов:**

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

**Характеристика оборудования**

1	Цилиндр алюминиевый № 2, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 70 \text{ г}$
2	Стакан с водой
3	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01\text{Н}$ )

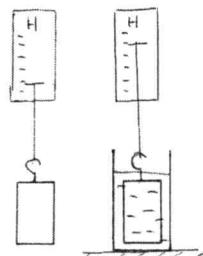


### Порядок выполнения задания

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.  $P_1 = 0,7 \text{ Н}$
3.  $P_2 = 0,45 \text{ Н}$
4.  $F_{\text{выт}} = 0,7 \text{ Н} - 0,45 \text{ Н} = 0,25 \text{ Н}$



### Указание экспертам

Для измерения веса используется динамометр с ценой деления  $0,01 \text{ Н}$ . Следовательно, абсолютная погрешность измерения веса составит  $\Delta P = 0,005 \text{ Н}$ .

Поскольку выталкивающая сила определяется по двукратному измерению веса, абсолютная погрешность удвоится и составит  $\Delta F_{\text{выт}} = 0,01 \text{ Н}$ .

Следовательно, значение выталкивающей силы может находиться в следующем интервале:

$$F_{\text{выт}} = (0,25 \pm 0,01) \text{ Н}$$

### 2.2.4. Измерение средней скорости движения тела

**Цель опыта:** определить среднюю скорость движения бруска при соскальзывании с наклонной плоскости.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №5 (деревянный бруск, секундомер с двумя датчиками, направляющую и детали штатива), соберите экспериментальную установку и определите среднюю скорость движения бруска между датчиками секундомера вниз по направляющей, закрепленной наклонно.

#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета средней скорости бруска;
- запишите результаты измерений времени движения и расстояния между датчиками секундомера с учетом абсолютных погрешностей;
- запишите численное значение средней скорости бруска.

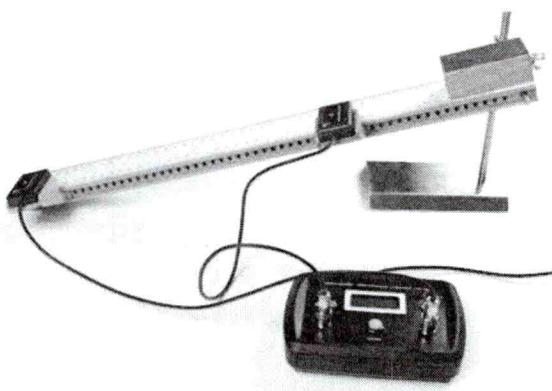
### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)

4	Брускок, масса бруска ( $50 \pm 2$ ) г
5	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
6	Основание штатива
7	Муфта штатива
8	Рожковый ключ S10
9	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
10	Стержень Ø6x160 мм
11	Узел крепления направляющей

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.



2. Закрепите, используя детали штатива, направляющую под углом около 30° относительно поверхности стола. На направляющей закрепите датчики секундомера.
3. Измерьте по шкале направляющей расстояние  $S$  между датчиками секундомера.
4. Произведите пуск бруска с верхнего конца направляющей и измерьте секундомером время  $t$  его движения между датчиками.
5. Запишите данные измерений расстояния и времени с учетом абсолютных погрешностей (погрешность расстояния считать равной удвоенно цене деления шкалы, погрешность времени - дискретности показаний электронного секундомера).
6. Вычислите значение средней скорости бруска  $V$  по формуле:  $V = S/t$

**Образец возможного выполнения задания**

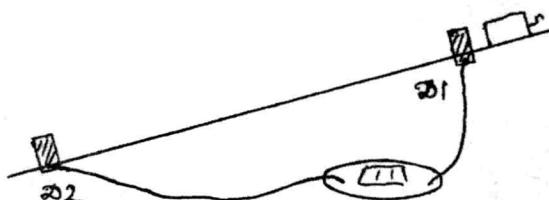
1. Возможный вид рисунка установки

2.  $V = S/t$

3.  $S = (0,2 \pm 0,001) \text{ м}$

4.  $t = (0,326 \pm 0,001) \text{ с}$

5.  $V = 0,613 \text{ м/с}$



### Указание экспертам

Расстояние измеряют по шкале направляющей с ценой деления 1мм, по разности координат двух датчиков. Следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = \pm 1\text{мм}$ .

Время измеряют секундомером с дискретностью измерения 0,001с, следовательно, абсолютная погрешность измерения времени составляет  $\pm 0,001\text{с}$

Отсюда значение средней скорости может находиться в интервале  $(0,6 \div 0,62)\text{м/с}$

### 2.2.5. Измерение ускорения движения тела

**Цель опыта:** определить ускорение движения бруска при соскальзывании с наклонной плоскости.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №5 (деревянный брускок, секундомер с двумя датчиками, направляющую и детали штатива), соберите экспериментальную установку и определите ускорение движения бруска вниз по направляющей, закрепленной наклонно.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета ускорения бруска при движении из состояния покоя;
- запишите результаты измерений времени движения и расстояния между датчиками секундомера с учетом абсолютных погрешностей;
- запишите численное значение ускорения бруска.

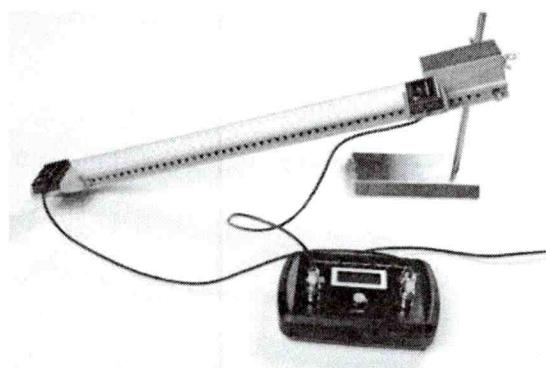
### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Брускок, масса бруска $(50 \pm 2)$ г
5	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
6	Основание штатива
7	Муфта штатива
8	Рожковый ключ S10
9	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
10	Стержень Ø6x160 мм
11	Узел крепления направляющей

### Порядок выполнения задания

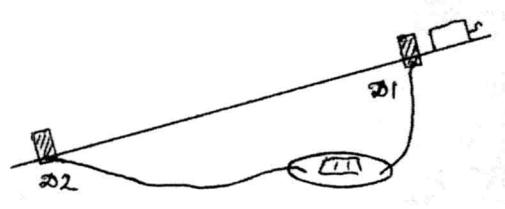
1. Соберите установку как показано на рисунке.
2. Закрепите, используя детали штатива, направляющую под углом около 300 относительно поверхности стола. На направляющей закрепите датчики секундомера. Верхний датчик должен располагаться как можно ближе к брускому, установленному на верхнем конце направляющей.

3. Измерьте по шкале направляющей расстояние  $S$  между датчиками секундомера.
4. Произведите пуск бруска с верхнего конца направляющей и измерьте секундомером время  $t$  его движения между датчиками.
5. Запишите данные измерений расстояния и времени с учетом абсолютных погрешностей (погрешность расстояния считать равной цене деления шкалы, погрешность времени - дискретности показаний электронного секундомера).
6. Вычислите значение ускорения бруска  $\alpha$  по формуле:  $\alpha = 2S/t^2$



### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $\alpha = 2S/t^2$
3.  $S = (0,2 \pm 0,001) \text{ м}$
4.  $t = (0,412 \pm 0,001) \text{ с}$
5.  $\alpha = 2,36 \text{ м/с}^2$



### Указание экспертам

Расстояние измеряют по шкале направляющей с ценой деления 1мм по разности координат датчиков. Следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = \pm 1\text{мм}$ .

Время измеряют секундомером с дискретностью измерения 0,001с, следовательно, абсолютная погрешность измерения времени составляет  $\pm 0,001\text{с}$

Отсюда значение ускорения может находиться в интервале  $(2,3 \div 2,4)\text{м/с}^2$

### 2.2.6. Определение жесткости пружины

**Цель опыта:** определить жесткость пружины измерив ее удлинение под действием груза известной массы.

**Задание1.** Используя оборудование из комплекта № 2 (детали штатива, пружину 1, три груза массой по 100 г), соберите экспериментальную установку и определите жесткость пружины.

#### В бланке ответов:

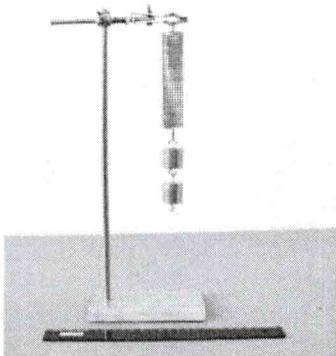
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета жесткости пружины;
- запишите результаты измерений веса груза и удлинения пружины;
- запишите вычисленное значение жесткости пружины.

#### Характеристика оборудования

1.	Пружина 1 (жёсткость 50 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1 \text{ мм}$ )
2.	Груз массой $100 \pm 2 \text{ г}$

3.	Основание штатива
4.	Муфта штатива
5.	Ключ М6
6.	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой

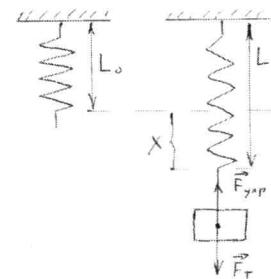
### Порядок выполнения задания



- Соберите установку как показано на рисунке.
- Подвесьте к штативу планшет с пружиной.
- Подвесьте к пружине три груза массой по 100 грамм.
- Измерьте удлинение пружины  $X$ .
- Вычислите силу упругости пружины  $F_{упр} = P = m \cdot g \cdot q$ .
- Вычислите жесткость пружины по формуле  $k = F_{упр}/X$ .

### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки
- $k = F_{упр}/X$
- $X = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$
- $F_{упр} = P = m \cdot g \cdot q = 3 \text{ Н}$
- $k = 3 \text{ Н} / 0,06 \text{ м} = 50 \text{ Н/м}$



### Указание эксперту

Абсолютная погрешность массы груза может достигать  $\Delta m = \pm 2 \text{ г}$ . При использовании в опыте трех грузов абсолютные погрешности складываются.

Таким образом, максимальная относительная погрешность определения массы составит  $\delta_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{6 \text{ г}}{300 \text{ г}} \times 100\% = 2\%$

Использование в расчетах  $q = 9,8 \text{ м/с}^2$  дает погрешности:  $\Delta q = 0,05 \text{ м/с}^2$  и  $\delta_q \approx 0,5\%$ .

Измерение удлинения пружины по шкале планшета с ценой деления 1 мм дает погрешность  $\Delta X = 0,001 \text{ м}$  и  $\delta_X = \frac{0,001 \text{ м}}{0,06 \text{ м}} \times 100\% \approx 2\%$ .

Относительная погрешность определения жесткости пружины составит  $\delta_k = \delta_m + \delta_q + \delta_X \approx 5\%$

Следовательно, значение жесткости пружины можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:

$$p = (50 \pm 2,5) \text{ Н/м}$$

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта №2 (детали штатива, пружину 2, два груза массой по 30 г), соберите экспериментальную установку и определите жесткость пружины.

**В бланке ответов:**

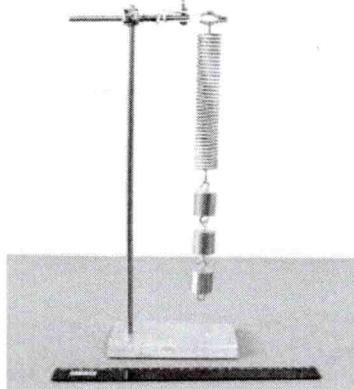
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета жесткости пружины;
- запишите результаты измерений веса груза и удлинения пружины;
- запишите вычисленное значение жесткости пружины.

**Характеристика оборудования**

1.	Пружина 2 (жёсткость 10 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$ мм)
2.	Груз массой $30 \pm 1$ г
3.	Основание штатива
4.	Муфта штатива
5.	Ключ М6
6.	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой

**Порядок выполнения задания**

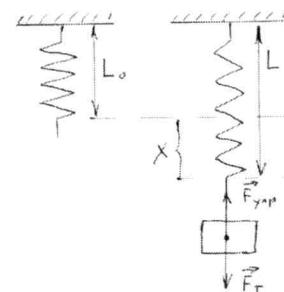
- Соберите установку как показано на рисунке.



- Подвесьте к штативу планшет с пружиной.
- Подвесьте к пружине два груса массой по 30 грамм.
- Измерьте удлинение пружины  $X$ .
- Вычислите силу упругости пружины  $F_{\text{упр}} = P = m g q$ .
- Вычислите жесткость пружины по формуле  $k = F_{\text{упр}}/X$ .

**Образец возможного выполнения задания**

- Возможный вид рисунка установки
- $k = F_{\text{упр}}/X$
- $X = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$
- $F_{\text{упр}} = m q = 0,6 \text{ Н}$
- $k = 0,6 \text{ Н}/0,06 \text{ м} = 10 \text{ Н/м}$

**Указание экспертам**

Абсолютная погрешность массы груза 60г может достигать  $\Delta m = \pm 1$  г (по спецификации ФИПИ). Таким образом, максимальная относительная погрешность определения массы составит  $\delta_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{1g}{60g} \times 100\% = 2\%$

Использование в расчетах  $q = 9,8 \text{ м/с}^2$  дает погрешности:  $\Delta q = 0,05 \text{ м/с}^2$  и  $\delta_q \approx 0,5\%$ .

Измерение удлинения пружины по шкале планшета с ценой деления 1 мм дает погрешность  $\Delta X = 0,001 \text{ м}$  и  $\delta_X = \frac{0,001 \text{ м}}{0,06 \text{ м}} \times 100\% \approx 2\%$ .

Относительная погрешность определения жесткости пружины составит  $\delta_k = \delta_m + \delta_q$   
+  $\delta_X \approx 5\%$

Следовательно, значение жесткости пружины можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:

$$\rho = (10 \pm 0,5) \text{ Н/м}$$

### 2.2.7. Определение коэффициента трения скольжения

**Цель опыта:** определить коэффициент трения скольжения измерив вес тела и действующую на него силу трения скольжения.

**Задание 1.** Используя оборудование из набора №2 (брюсок с крючком, груз массой 100 г (3 штуки), динамометр с пределом измерения 5 Н и направляющую), соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между поверхностями бруска и направляющей.

**В бланке ответов:**

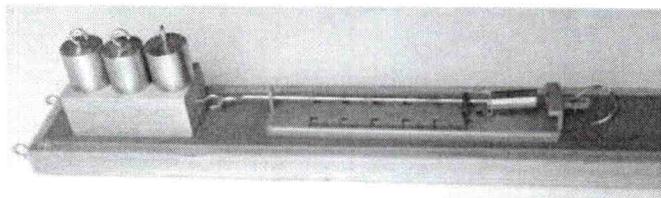
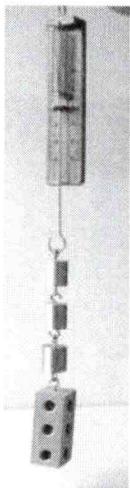
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета коэффициента трения скольжения;
- запишите результаты измерений веса бруска и силы трения скольжения при движении бруска по поверхности направляющей;
- запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

### Характеристика оборудования

1	Деревянный брускок
2	Груз массой $100 \pm 2 \text{ г}$
2	Динамометр с пределом измерения 5 Н и ценой деления 0,1 Н
3	Направляющая (поверхность Б, коэффициент трения бруска по направляющей приблизительно 0,6)

### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.



Положите вблизи одного из концов направляющей (на поверхность «Б») брускок широкой гранью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На брускок установите три груза.

Потяните за динамометр так, чтобы брускок стал равномерно скользить вдоль направляющей. Измерьте показания динамометра  $F_{\text{упр}}$

2. Измерьте вес бруска с грузами Р как показано на рисунке.
3. Вычислите значение коэффициента трения скольжения по формуле:  $\mu =$

$$F_{tp}/N, \text{ где } |N| = |P|, |F_{tp}| = |F_{упр}|$$

### Образец возможного выполнения задания

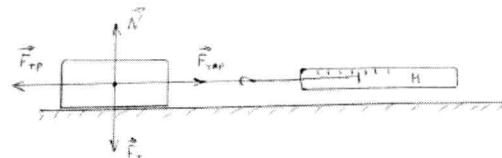
1. Возможный вид рисунка установки

$$\mu = F_{tp}/N$$

$$|F_{tp}| = |F_{упр}| = 2,3 \text{ Н}$$

$$|N| = |P| = 3,5 \text{ Н}$$

$$4. \mu = 2,3 \text{ Н} / 3,5 \text{ Н} = 0,66$$



### Указание экспертам

При определении коэффициента трения скольжения и веса бруска с грузами использовался динамометр с ценой деления 0,1Н.

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

Масса бруска, используемого в опыте, может иметь значение в интервале  $50 \pm 5\text{г}$ , следовательно значение массы бруска с тремя грузами по  $100 \pm 2\text{г}$ , на основе которого определяется коэффициент трения может находиться в интервале  $350 \pm 11\text{г}$

При этом относительная погрешность определения веса равна  $\delta_P = \frac{0,11H}{3,5H} \times 100\% \approx 3\%$ .

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

$$\delta_F = \frac{0,05H}{2,3H} \times 100\% \approx 2\%$$

При этом  $\delta\mu \approx 5\%$

Следовательно, значение коэффициента трения можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:

$$\mu = 0,66 \pm 0,05$$

**Задание 2.** Используя оборудование из набора №4 (деревянный брускок с крючком, груз массой 100 г (2 штуки), динамометр с пределом измерения 5 Н и направляющую), соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между поверхностями бруска и направляющей.

#### В бланке ответов:

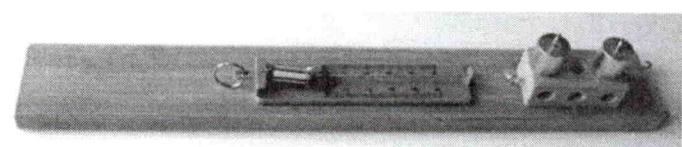
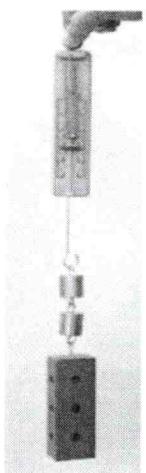
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета коэффициента трения скольжения;
- запишите результаты измерений веса бруска и силы трения скольжения при движении бруска по поверхности направляющей;
- запишите численное значение коэффициента трения скольжения.

#### Характеристика оборудования

1	Брускок с крючком
2	Груз массой $100 \pm 2$ г
2	Динамометр с пределом измерения 5 Н и ценой деления 0,1Н
3	Направляющая (поверхность Б, коэффициент трения бруска по направляющей приблизительно 0,6)

**Порядок выполнения задания**

- Соберите установку как показано на рисунке.



Положите вблизи одного из концов направляющей (на поверхность «Б») бруск широкой гранью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На бруск установите два груза.

Потяните за динамометр так, чтобы бруск стал равномерно скользить вдоль направляющей. Измерьте показания динамометра  $F_{\text{упр}}$ .

- Измерьте вес бруска с грузами  $P$  как показано на рисунке.
- Вычислите значение коэффициента трения скольжения по формуле:

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

**Образец возможного выполнения задания**

- Возможный вид рисунка установки

- $\mu = F_{\text{тр}}/N$

- $|F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}| = 1,5 \text{ Н}$

- $|N| = |P| = 2,5 \text{ Н}$

- $\mu = 1,5 \text{ Н}/2,5 \text{ Н} \approx 0,6$

**Указание экспертам**

При определении коэффициента трения скольжения и веса бруска с грузами использовался динамометр с ценой деления 0,1Н.

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

Масса бруска, используемого в опыте, может иметь значение в интервале  $50 \pm 5\text{г}$ , следовательно значение массы бруска с двумя грузами по  $100 \pm 2\text{г}$ , на основе которого определяется коэффициент трения может находиться в интервале  $250 \pm 9\text{г}$ .

При этом относительная погрешность определения веса равна  $\delta_P = \frac{0,09\text{Н}}{3,2\text{Н}} \times 100\% \approx 3\%$ .

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

$$\delta_F = \frac{0,05\text{Н}}{1,5\text{Н}} \times 100\% = 2\%$$

При этом  $\delta\mu \approx 5\%$ .

Следовательно, значение коэффициента трения можно считать достоверным, если в ответе ученика оно указано в пределах:

$$\mu = 0,6 \pm 0,05$$

### 2.2.8. Измерение работы силы трения

**Цель опыта:** определить работу силы трения скольжения измерив значение силы трения и перемещение тела.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта №2 (деревянный брускок, три груза массой по 100 г, динамометр с пределом измерения 1Н, направляющую (поверхность А) и линейку), соберите экспериментальную установку и определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска на 20 см вдоль горизонтально лежащей направляющей.

**В бланке ответов:**

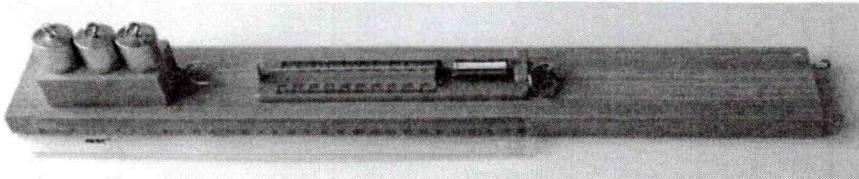
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы силы трения;
- запишите результаты измерений силы трения и перемещения;
- запишите численное значение работы силы трения.

**Характеристика оборудования**

1.	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01 \text{ Н}$ )
2.	Груз №1, №2, №3 ( $m = 100 \text{ г}$ каждый)
3.	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)
4.	Линейка (длина 300 мм)
5.	Брускок с крючком ( $m = 50 \text{ г}$ )

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.

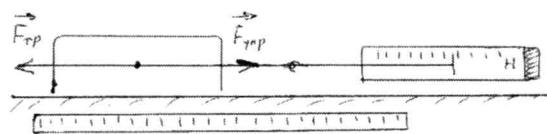


2. Положите на поверхность А направляющей брускок широкой гранью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На бруске установите три груза. Рядом с бруском положите линейку.
3. Удерживая динамометр строго горизонтально, переместите его вместе с бруском равномерно на расстояние  $S = 20\text{см}$ . Определите показание динамометра при равномерном движении бруска -  $F_{\text{упр}}$
4. Запишите значение силы трения:  $|F_{\text{тр}}| = |F_{\text{упр}}|$
5. Вычислите значение работы силы трения по формуле:  $A = F_{\text{тр}}S$

**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $A = F_{\text{тр}}S$
3.  $F_{\text{тр}} = 0,65 \text{ Н}$

$$S = 0,2 \text{ м}$$



$$4. A = 0,65 \text{ H} \times 0,2 \text{ м} = 0,13 \text{ Дж}$$

### Указание экспертам

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1мм по разности координат бруска до и после перемещения, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = 1\text{мм}$ .

Сила трения определяется динамометром с ценой деления 0,01Н, следовательно, абсолютная погрешность измерения силы составляет  $\Delta F_{tp} = 0,005\text{Н}$ .

Относительные погрешности измерений перемещения и силы составляют:

$$\delta_S = \frac{0,001\text{м}}{0,2\text{м}} \times 100\% \approx 1\%$$

$$\delta_F = \frac{0,005\text{Н}}{0,65\text{Н}} \times 100\% \approx 1\%$$

Тогда  $\delta_A \approx 2\%$

Отсюда значение работы может находиться в пределах

$$A = (0,13 \pm 0,02)\text{Дж};$$

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта №2 (деревянный брускок, два груза массой по 100 г, динамометр с пределом измерения 1Н, направляющую и линейку), соберите экспериментальную установку и определите работу силы трения при равномерном перемещении бруска на 30 см вдоль горизонтально лежащей направляющей.

### В бланке ответов:

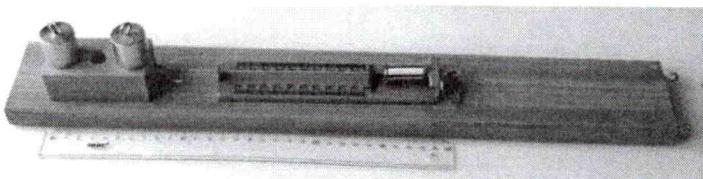
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы силы трения;
- запишите результаты измерений силы трения и перемещения;
- запишите численное значение работы силы трения.

### Характеристика оборудования

1.	Динамометр 1 Н (C = 0,01 Н)
2.	Груз №1, №2, (m = 100 г каждый)
3.	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)
4.	Линейка (длина 300 мм)
5.	Брускок с крючком (m = 50 г)

### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.



Положите на поверхность А направляющей брускок широкой гранью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На бруске установите два груза. Рядом с бруском положите линейку.

2. Удерживая динамометр строго горизонтально, переместите его вместе с бруском равномерно на расстояние  $S = 30\text{ см}$ . 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:  $A = F_{\text{тр}}S$ .

#### Образец возможного выполнения задания

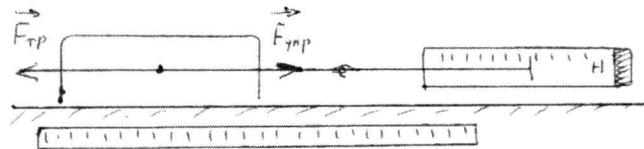
1. Возможный вид рисунка установки

2.  $A = F_{\text{тр}} S$

3.  $F_{\text{тр}} = 0,44 \text{ Н}$

- $S = 0,3 \text{ м}$

4.  $A = 0,44 \text{ Н} \times 0,3 \text{ м} = 0,13 \text{ Дж}$



#### Указание экспертам

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1мм по разности координат бруска до и после перемещения, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = 1\text{мм}$ .

Сила трения определяется динамометром с ценой деления 0,01Н, следовательно, абсолютная погрешность измерения силы составляет  $\Delta F_{\text{тр}} = 0,005\text{Н}$ .

Относительные погрешности измерений перемещения и силы составляют:

$$\delta_S = \frac{0,001\text{м}}{0,3\text{м}} \times 100\% \approx 1\%$$

$$\delta_F = \frac{0,005\text{Н}}{0,44\text{Н}} \times 100\% \approx 1\%$$

Тогда  $\delta_A \approx 2\%$

Отсюда значение работы может находиться в пределах

$$A = (0,13 \pm 0,02)\text{Дж};$$

#### 2.2.9. Измерение работы силы тяжести

**Цель опыта:** определить работу силы тяжести измерив значение силы тяжести и изменение высоты тела.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта № 2 (три груза массой по 100 г, динамометр с пределом измерения 5 Н, линейку и детали штатива), соберите экспериментальную установку и определите работу силы тяжести при равномерном перемещении грузов, подвешенных к динамометру, на 20 см вниз по стержню штатива.

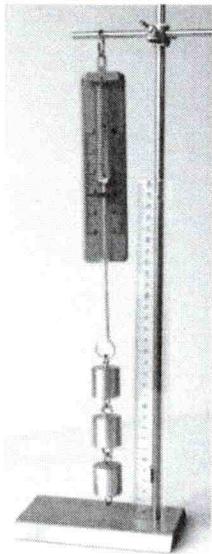
#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы силы тяжести;
- запишите результаты измерений силы тяжести и изменения высоты грузов с учетом абсолютной погрешности за погрешность измерения силы тяжести принять цену деления шкалы динамометра, за погрешность измерения высоты - удвоенное значение цены деления линейки;
- запишите численное значение работы силы тяжести.

#### Характеристика оборудования

1	Динамометр с пределом измерения 5 Н; С = 0,1Н
2	Груз массой $100 \pm 2$ г - 3 штуки
3	Линейка (длина 300 мм, цена деления 1мм)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Ключ М6
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой

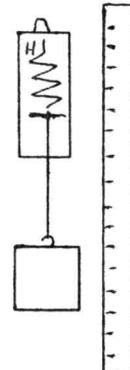
### Порядок выполнения задания



- Соберите установку как показано на рисунке.  
Закрепите динамометр на верхнем конце стержня штатива и подвесьте к нему три груза.
- Измерьте линейкой высоту нижнего груза относительно поверхности стола - H1.
- Переместите динамометр вниз по стержню штатива на 20 см.
- Измерьте линейкой высоту нижнего груза относительно поверхности стола после перемещения вниз - H2.
- Вычислите высоту h, на которую опустились грузы под действием силы тяжести, по формуле:  $h = H1 - H2$ .
- Запишите значение силы тяжести действующей на три груза F.
- Вычислите значение работы силы тяжести по формуле:  $A = Fh$ .

### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки
- $A = Fh$
- $H1 = (0,22 \pm 0,0005) \text{ м}$
- $H2 = (0,02 \pm 0,0005) \text{ м}$
- $h = (0,2 \pm 0,001) \text{ м}$
- $F = (2,9 \pm 0,05) \text{ Н}$
- $A = 0,58 \text{ Дж}$



### Указание экспертам

Изменение высоты h измеряют линейкой с ценой деления 1мм, следовательно, абсолютная погрешность измерения составляет  $\Delta h = 1\text{мм} = 0,001\text{м}$ .

Сила тяжести определяется динамометром с ценой деления 0,1Н, следовательно, абсолютная погрешность измерения силы составляет  $\Delta F = 0,05\text{Н}$ .

Отсюда значение работы силы тяжести может находиться в пределах  
 $A = (0,56 \div 0,6)\text{Дж}$ ;

### 2.2.10. 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.

**Задание1.** Используя оборудование из набора №6 (детали штатива, неподвижный блок, нить, два груза по 100 г, динамометр с пределом измерения 5Н и линейку), соберите экспериментальную установку и определите работу, совершаемую при равномерном подъеме грузов с помощью неподвижного блока на высоту 15см

**В бланке ответов:**

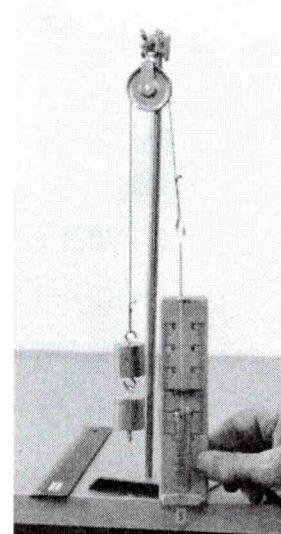
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы силы упругости;
- запишите результаты измерений силы упругости и перемещения;
- запишите численное значение работы силы упругости.

**Характеристика оборудования**

1.	Основание штатива
2.	Муфта штатива
3.	Лапка штатива
4.	Ключ М6
5.	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой
6.	Блок неподвижный
7.	Нить суровая – длина 1м
8.	Динамометр 5 Н (С = 0,1 Н)
9.	Груз m = 100 г
10.	Линейка (длина 300 мм)

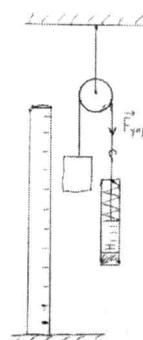
**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.  
Закрепите муфту на верхнем конце стержня штатива и прикрепите к ней неподвижный блок.  
Привяжите к нити два груза, перекиньте ее через блок и прицепите к ее второму концу динамометр.
2. Потяните равномерно за динамометр так, чтобы грузы переместились вверх на высоту  $h = 15\text{см}$ .
3. Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме грузов  $F_{\text{упр}}$ .
4. Вычислите значение работы силы упругости по формуле:  
$$A = F_{\text{упр}} \times h$$
.



**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $A = F_{\text{упр}}h$



3.  $F_{\text{упр}} = 2 \text{ Н}; h = 0,15 \text{ м}$
4.  $A = 2 \text{ Н} \times 0,15 \text{ м} = 0,3 \text{ Дж}$

### Указание экспертам

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1мм по разности координат груза до и после подъема, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = 1\text{мм}$ .

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,1Н. Абсолютная погрешность измерения силы упругости составит:  $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05\text{Н}$ .

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta_h = \frac{0,001m}{0,15m} \times 100\% \approx 1\%$$

$$\delta_F = \frac{0,05H}{2H} \times 100\% \approx 3\%$$

Тогда  $\delta_A \approx 4\%$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,3 \pm 0,02)\text{Дж}$$

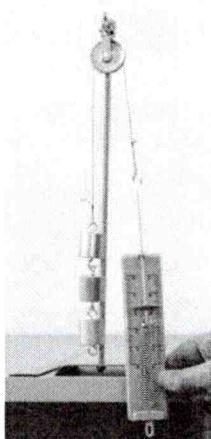
**Задание 2.** Используя оборудование из набора №6 (детали штатива, неподвижный блок, нить, три груза по 100 г, динамометр с пределом измерения 5Н и линейку), соберите экспериментальную установку и определите работу, совершающую при равномерном подъеме грузов с помощью неподвижного блока на высоту 20см

### В бланке ответов:

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

### Характеристика оборудования

1.	Основание штатива
2.	Муфта штатива
3.	Лапка штатива
4.	Ключ М6
5.	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой
6.	Блок неподвижный
7.	Нить суровая – длина 1м
8.	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1 \text{ Н}$ )
9.	Груз $m = 100 \text{ г}$
10.	Линейка (длина 300 мм)

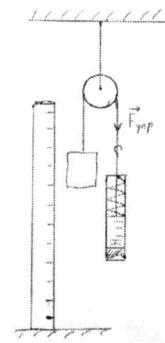


### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.  
Закрепите муфту на верхнем конце стержня штатива и прикрепите к ней неподвижный блок  
Привяжите к нити три груза, перекиньте ее через блок и прицепите к ее второму концу динамометр.
2. Потяните равномерно за динамометр так, чтобы грузы переместились вверх на высоту  $h = 20\text{ см}$ .
3. Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме грузов  $F_{\text{упр}}$
4. Вычислите значение работы силы упругости по формуле:  $A = F_{\text{упр}} \times h$

### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $A = F_{\text{упр}}h$
3.  $F_{\text{упр}} = 3 \text{ Н}; h = 0,2 \text{ м}$
4.  $A = 3 \text{ Н} \times 0,2 \text{ м} = 0,6 \text{ Дж}$



### Указание экспертам

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1мм по разности координат груза до и после подъема, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = 1\text{мм}$ .

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,1Н. Абсолютная погрешность измерения силы упругости составит:  $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05\text{Н}$ .

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta_h = \frac{0,001\text{м}}{0,2\text{м}} \times 100\% \approx 1\%$$

$$\delta_F = \frac{0,05\text{Н}}{3\text{Н}} \times 100\% \approx 2\%$$

Тогда  $\delta_A \approx 3\%$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,6 \pm 0,02)\text{Дж}$$

### 2.2.11. 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.

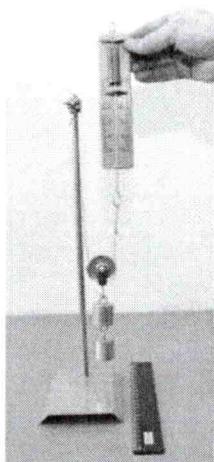
**Задание 1.** Используя оборудование из набора №6 (детали штатива, подвижный блок, нить, два груза по 100 г, динамометр с пределом измерения 5Н и линейку), соберите экспериментальную установку и определите работу, совершающую при равномерном подъеме грузов с помощью подвижного блока на высоту 20см

**В бланке ответов:**

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

**Характеристика оборудования**

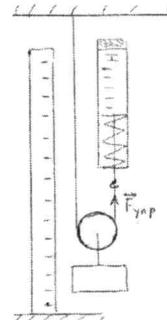
1.	Основание штатива
2.	Муфта штатива
3.	Лапка штатива
4.	Ключ М6
5.	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой
6.	Блок подвижный
7.	Нить сюровая – длина 1м
8.	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1 \text{ Н}$ )
9.	Груз $m = 100 \text{ г}$
10.	Линейка (длина 300 мм)

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.  
Прикрепите муфту к верхнему концу стержня штатива  
Привяжите к ней нить, перекиньте ее через блок и прикрепите к ее второму концу динамометр. К блоку подвесьте два груза.
2. Потяните равномерно за динамометр так, чтобы груз переместился вверх на высоту  $h = 20\text{см}$ .
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.  $A = F_{\text{упр}}h$
3.  $F_{\text{упр}} = 1,1 \text{ Н}; h = 0,2 \text{ м}$
4.  $A = 1,1 \text{ Н} \times 0,2\text{м} = 0,22 \text{ Дж}$

**Указание экспертам**

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1мм по разности координат груза до и после подъема, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = 1\text{мм}$ .

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,1Н. Абсолютная погрешность измерения силы упругости составит:  $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05\text{Н}$ .

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta_h = \frac{0,001m}{0,2m} \times 100\% = 0,5\% \approx 1\%$$

$$\delta_F = \frac{0,05H}{1,1H} \times 100\% \approx 5\%$$

Тогда  $\delta_A \approx 6\%$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,22 \pm 0,02) \text{Дж}$$

**Задание 2.** Используя оборудование из набора №6 (детали штатива, подвижный блок, нить, три груза по 100 г, динамометр с пределом измерения 5Н и линейку), соберите экспериментальную установку и определите работу, совершающую при равномерном подъеме грузов с помощью подвижного блока на высоту 15см

#### В бланке ответов:

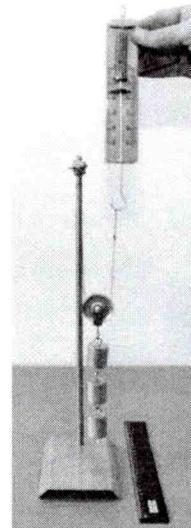
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы силы упругости;
- запишите результаты измерений силы упругости и перемещения;
- запишите численное значение работы силы упругости.

#### Характеристика оборудования

1.	Основание штатива
2.	Муфта штатива
3.	Лапка штатива
4.	Ключ М6
5.	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой
6.	Блок подвижный
7.	Нить суровая – длина 1м
8.	Динамометр 5 Н (С = 0,1 Н)
9.	Груз m = 100 г
10.	Линейка (длина 300 мм)

#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.
2. Прикрепите муфту к верхнему концу стержня штатива
3. Привяжите к ней нить, перекиньте ее через блок и прикрепите к ее второму концу динамометр. К блоку подвесьте три груза.
4. Потяните равномерно за динамометр так, чтобы груз переместился вверх на высоту  $h = 15\text{см}$ .
5. Измерьте и запишите показание динамометра при равномерном подъеме груза Fупр.
6. Вычислите значение работы силы упругости по формуле:  $A = F_{\text{упр}} \times h$



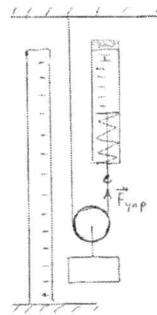
**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки

$$2. A = F_{\text{упр}} h$$

$$3. F_{\text{упр}} = 1,6 \text{ Н}; h = 0,15 \text{ м}$$

$$4. A = 1,6 \text{ Н} \times 0,15 \text{ м} = 0,24 \text{ Дж}$$

**Указание экспертом**

Перемещение измеряют линейкой с ценой деления 1мм по разности координат груза до и после подъема, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = 1\text{мм}$ .

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,1Н. Абсолютная погрешность измерения силы упругости составит:  $\Delta F_{\text{упр}} = 0,05\text{Н}$ .

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

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

$$\delta_F = \frac{0,05\text{Н}}{1,6\text{Н}} \times 100\% \approx 4\%$$

Тогда  $\delta_A \approx 5\%$

Следовательно, значение работы может быть получено в пределах:

$$A = (0,24 \pm 0,02)\text{Дж}$$

**2.2.12. Определение момента силы действующей на рычаг**

**Цель опыта:** определить момент силы , приложенной к рычагу, измерив ее модуль и плечо.

**Задание1.** Используя оборудование из набора №6 (рычаг, два груза массой 100г каждый, штатив и динамометр с пределом 5Н), соберите установку для определения момента силы, которую необходимо приложить к одному из плеч рычага для его равновесия, если к противоположному плечу подвесить два груза на расстоянии 15см от оси вращения.

**В бланке ответов:**

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

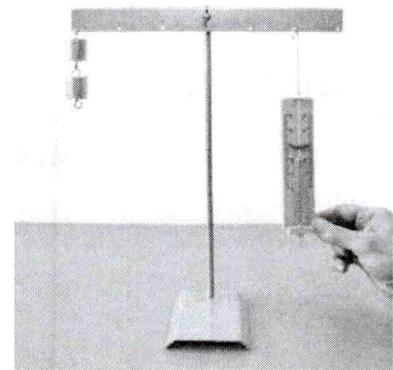
**Характеристика оборудования**

1.	Основание штатива
2.	Муфта штатива
3.	Лапка штатива
4.	Ключ М6
5.	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой

6.	Рычаг с креплениями для грузов
7.	Динамометр 5 Н (С = 0,1 Н)
8.	Груз m = 100 г
9.	Линейка (длина 300 мм)

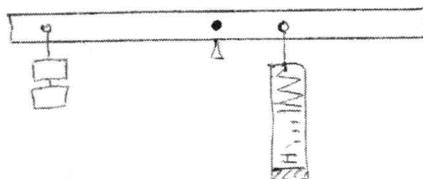
### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке.
- Сбалансируйте рычаг, после чего подвесьте на его левое плечо два груза на расстоянии 15 см от оси вращения
- Прикрепите к правому плечу рычага динамометр на расстоянии 10 см от оси вращения
- Удерживая динамометр так, чтобы рычаг располагался горизонтально определите его показание.
- Вычислите момент силы, действующей на правое плечо рычага по формуле:  $M = FL$



### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки



- $M = FL$
- $F = 3 \text{ Н}$ ;  $L = 0,1 \text{ м}$
- $M = 3 \text{ Н} \times 0,1 \text{ м} = 0,3 \text{ Нм}$

### Указание экспертам

При измерении силы используется динамометр с ценой деления 0,1 Н. Следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения силы составит:  $\Delta F = 0,05 \text{ Н}$ .

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

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta_F = \frac{0,05H}{3H} \times 100\% \approx 2\%$$

$$\delta_L = \frac{0,001M}{0,1M} \times 100\% = 1\%$$

Тогда  $\delta_M \approx 3\%$

Следовательно, значение момента силы может находиться в следующих пределах:  $M = (0,3 \pm 0,01) \text{ Нм}$ .

**Задание 2.** Используя рычаг, три груза массой 100г каждый, штатив и динамометр с пределом 5Н, соберите установку для определения момента силы, которую необходимо приложить к одному из плеч рычага для его равновесия, если к противоположному плечу подвесить три груза на расстоянии 5см от оси вращения.

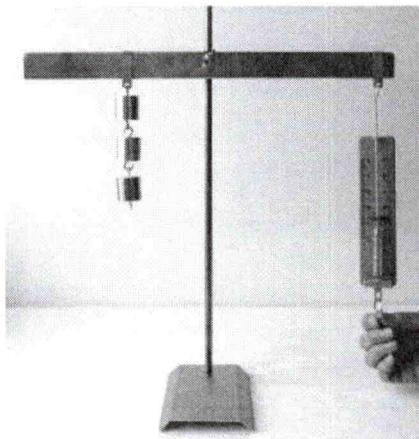
**В бланке ответов:**

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

**Характеристика оборудования**

1.	Основание штатива
2.	Муфта штатива
3.	Лапка штатива
4.	Ключ М6
5.	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой
6.	Рычаг с креплениями для грузов
7.	Динамометр 5 Н (С = 0,1 Н)
8.	Груз m = 100 г
9.	Линейка (длина 300 мм)

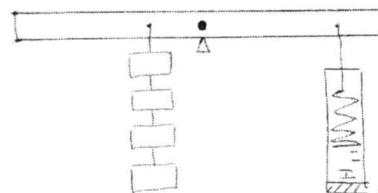
**Порядок выполнения задания**



1. Соберите установку как показано на рисунке.
2. Сбалансируйте рычаг, после чего подвесьте на его левое плечо три груза на расстоянии 5см от оси вращения
3. Прикрепите к правому плечу рычага динамометр на расстоянии 15см 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.  $F = 1 \text{ Н}; L = 0,15 \text{ м}$
4.  $M = 1 \text{ Н} \times 0,15 \text{ м} = 0,15 \text{ Нм}$



**Указание экспертам**

При измерении силы используется динамометр с ценой деления 0,1 Н. Следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения силы составит:  $\Delta F = 0,05 \text{ Н}$ .

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

При этом относительные погрешности измерения указанных величин могут составить:

$$\delta_F = \frac{0,05H}{1H} \times 100\% = 5\%$$

$$\delta_L = \frac{0,001m}{0,15m} \times 100\% \approx 1\%$$

Тогда  $\delta_M \approx 6\%$

Следовательно, значение момента силы может находиться в следующих пределах:  
 $M = (0,15 \pm 0,01)$  Нм ;

### 2.2.13. Определение частоты колебаний груза на пружине

**Цель опыта:** определить частоту колебания пружинного маятника измерив период его колебаний

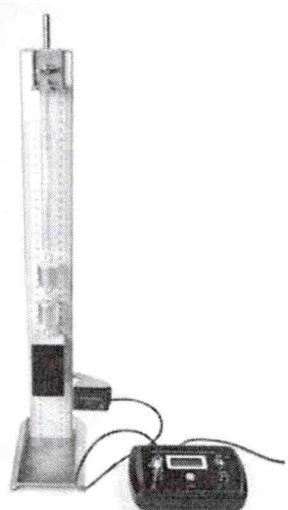
**Задание1.** Используя оборудование комплекта №5 (детали штатива, направляющую, бруск, два груза по 100 г, пружину и секундомер с датчиками), соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний пружинного маятника. Определите его частоту, измерив секундомером период колебаний.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- запишите результаты измерения периода колебаний с учетом абсолютной погрешности;
- запишите численное значение частоты колебаний маятника.

### Характеристика оборудования

1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
8	Стержень Ø6x160 мм
9	Узел крепления направляющей
10	Узел крепления пружины
11	Пружина 2 (жесткость 20 Н/м) – обозначено синей полосой
12	Груз ( $m = 100$ г)
13	Бруск ( $m = 50$ г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
14	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)

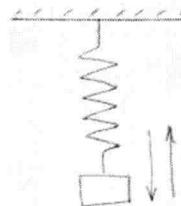


### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.
2. Измерьте период колебаний маятника  $T$ .
3. Вычислите частоту колебаний по формуле:  $v = 1/T$

### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $v = 1/T$
3.  $T = 0,702 \pm 0,001$  с
4.  $v = 1,425$  Гц



### Указание экспертам

Дискретность показаний электронного секундомера составляет 0,001 с.

Следовательно абсолютная погрешность измерения периода составляет 0,001 с.

Интервал допустимых значений частоты маятника может быть определен методом границ:  $v_{\text{бр}} = 1/T_{\text{нг}} = 1/0,701 \approx 1,426$  Гц;  $v_{\text{нг}} = 1/t_{\text{бр}} = 1/0,703 = 1,422$  Гц.

Откуда  $v = (v_{\text{бр}} + v_{\text{нг}})/2 = 1,424$  Гц и  $\Delta v = (v_{\text{бр}} - v_{\text{нг}})/2 = 0,002$  Гц.

Полученное по результатам опыта значение частоты может считаться верным, если попадает в интервал значений

$$v = (1,424 \pm 0,002) \text{ Гц}$$

**Задание 2.** Используя оборудование комплекта №5 (детали штатива, направляющую, брусков, груз 100 г, пружину и секундомер с датчиками), соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний пружинного маятника. Определите его частоту измерив секундомером период колебаний.

### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- запишите результаты измерений числа колебаний и времени, за которое они совершаются;
- запишите численное значение частоты колебаний маятника;

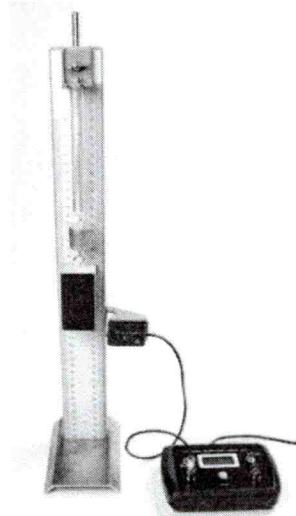
### Характеристика оборудования

1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
8	Стержень Ø6x160 мм
9	Узел крепления направляющей

10	Узел крепления пружины
11	Пружина 2 (жёсткость 20 Н/м) – обозначено синей полосой
12	Груз ( $m = 100$ г)
13	Брускок ( $m = 50$ г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
14	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)

**Порядок выполнения задания**

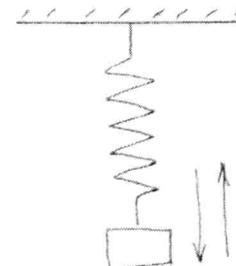
- Соберите установку как показано на рисунке.



- Измерьте период колебаний маятника  $T$ .
- Вычислите частоту колебаний по формуле:  $v = 1/T$

**Образец возможного выполнения задания**

- Возможный вид рисунка установки
- $v = 1/T$
- $T = 0,552 \pm 0,001$  с
- $v = 1,81$  Гц

**Указание экспертам**

Дискретность показаний электронного секундометра составляет 0,001с.

Следовательно абсолютная погрешность измерения периода составляет 0,001с.

Интервал допустимых значений частоты маятника может быть определен методом границ:  $v_{\text{вг}} = 1/T_{\text{нг}} = 1/0,551 \approx 1,814$  Гц;  $v_{\text{нг}} = 1/t_{\text{вг}} = 1/0,553 \approx 1,808$  Гц.

Откуда  $v = (v_{\text{вг}} + v_{\text{нг}})/2 = 1,811$  Гц и  $\Delta v = (v_{\text{вг}} - v_{\text{нг}})/2 = 0,003$  Гц.

Полученное по результатам опыта значение частоты может считаться верным, если попадает в интервал значений

$$v = (1,811 \pm 0,003) \text{ Гц}$$

### 2.2.14. Определение частоты колебаний груза на нити

**Цель опыта:** определить частоту колебания груза измерив секундомером половину периода его колебания.

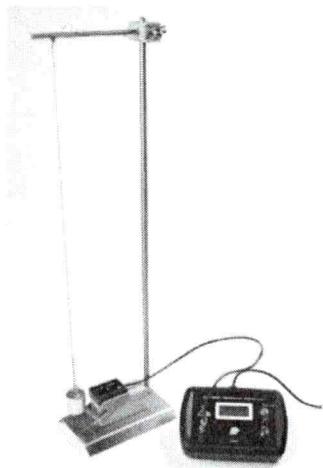
**Задание.** Используя оборудование комплекта №5 ( детали штатива, груз с крючком, нить и секундомер с датчиками), соберите экспериментальную установку для исследования свободных колебаний нитяного маятника длиной в 0,5м. Определите его частоту измерив половину периода его колебания.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета частоты колебаний;
- запишите результаты измерения половины периода колебания с учетом абсолютной погрешности;
- запишите численное значение частоты колебаний маятника.

#### Характеристика оборудования

1	Штатив с набором деталей
2	Груз массой $100 \pm 2$ г
3	Нить
4	Лента мерная 150 см ( $C=1$ мм)
5	Секундомер

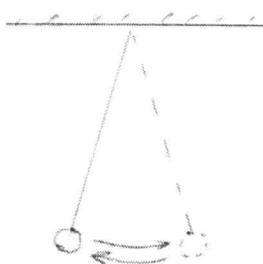


#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.  
Маятник подвесьте к штативу так, чтобы расстояние от точки подвеса до центра груза составило 0,5 м.
2. Измерьте секундомером время равное половине периода колебания маятника  $t$ .
3. Вычислите частоту колебаний груза по формуле:  $v = 1/2t$

#### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $v = 1/2t$
3.  $t = (0,696 \pm 0,001) \text{ с}$
4.  $v = 0,718 \text{ Гц}$



#### Указание экспертам

Дискретность показаний электронного секундомера составляет 0,001с.

Следовательно абсолютная погрешность измерения периода составляет 0,001с.

Интервал допустимых значений частоты маятника может быть определен методом границ:  $v_{\text{бр}} = 1/2t_{\text{нг}} \approx 0,719 \text{ Гц}$ ;  $v_{\text{нг}} = 1/2t_{\text{бр}} = 1/0,717 \text{ Гц}$

Откуда  $v = (v_{\text{вр}} + v_{\text{нр}})/2 = 0,718 \text{ Гц}$  и  $\Delta v = (v_{\text{вр}} - v_{\text{нр}})/2 = 0,001 \text{ Гц}$

Полученное по результатам опыта значение частоты может считаться верным, если попадает в интервал значений

$$v = (0,718 \pm 0,001) \text{ Гц}$$

### 2.2.15. Измерение количества теплоты отданной телом при теплообмене

**Цель опыта:** определить количество теплоты, отданное нагретым металлическим цилиндром при опускании его в воду комнатной температуры.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №7 (калориметр, термометр стеклянный, весы электронные, цилиндр №2 на нити, цилиндр мерный), соберите экспериментальную установку и определите какое количество теплоты отдаст нагретый цилиндр №2 после погружения в воду при комнатной температуре.

**В бланке ответов:**

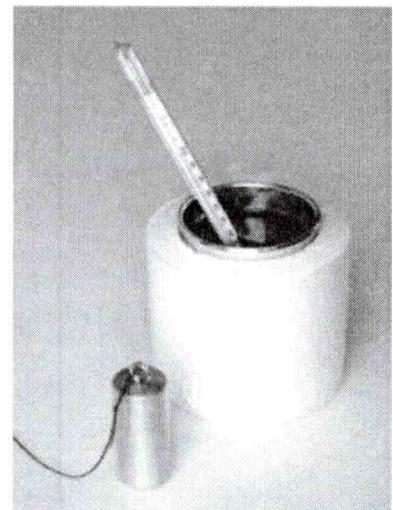
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета количества теплоты отданного при теплообмене с холодным телом;
- запишите результаты измерений температуры воды в термостате, температуры воды в калориметре после установления теплового равновесия, массы алюминиевого цилиндра №2;
- запишите вычисленное значение количества теплоты отданное нагретым алюминиевым цилиндром после погружения в воду комнатной температуры.

#### Характеристика оборудования

1	Калориметр
2	Термометр стеклянный ( $100^{\circ}\text{C}$ )
3	Весы электронные (предел измерения 200 г)
4	Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2 \text{ мл}$ )
5	Цилиндр алюминиевый № 2 с нитью, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 70 \text{ г}$

#### Порядок выполнения задания

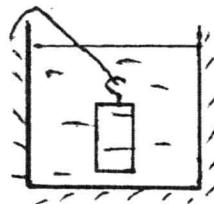
1. Соберите установку как показано на рисунке.
2. Определите по таблице значение удельной теплоемкости алюминия - с.
3. Измерьте весами массу алюминиевого цилиндра №2 - m.
4. Поместите цилиндр № 2, удерживая за нить, в чайник с термостатом установленным на температуру  $T = 700$
5. Влейте в стакан калориметра 150мл воды.
6. Поместите в калориметр цилиндр, нагретый до температуры воды в термостате  $T = 700$
7. Поместите в калориметр термометр и, наблюдая за его показаниями, определите момент наступления теплового равновесия. Измерьте температуру воды в калориметре в этот момент  $T_p$



8. Вычислите количество теплоты отданное цилиндром воде в калориметре Q по формуле:  $Q = cm(T - T_p)$ .

#### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки
2.  $Q = cm(T - T_p)$
3.  $m = (70 \pm 0,01) \text{ г}$
4.  $T = (70 \pm 0,5)^\circ\text{C}$
5.  $T_p = (26 \pm 0,5)^\circ\text{C}$
6.  $Q = 2834 \text{ Дж}$



#### Указание экспертам

Значение количества теплоты отданной цилиндром вычисленное на основе данных эксперимента зависит от условий проведения опыта: температуры воздуха в помещении, погрешности термостата чайника.

Верным считать ответ, если приведенное значение количества теплоты попадает в интервал  $(2976 \div 2692) \text{ Дж}$ .

#### 2.2.16. Измерение количества теплоты полученной телом при теплообмене

**Цель опыта:** определить количество теплоты, полученной водой комнатной температуры фиксированной массы при теплообмене с нагретым металлическим цилиндром.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №7 (калориметр, термометр стеклянный, весы электронные, цилиндр №2 на нити, цилиндр мерный), соберите экспериментальную установку и определите какое количество теплоты получит вода при комнатной температуре в калориметре после погружения в нее нагревого цилиндра №2.

#### В бланке ответов:

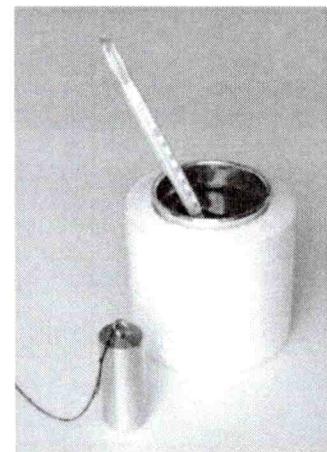
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета количества теплоты полученного при теплообмене с нагретым телом;
- запишите результаты измерений температуры воды в начале опыта, температуры воды после установления теплового равновесия, массы воды в калориметре;
- запишите вычисленное значение количества теплоты полученное водой при нагревании.

#### Характеристика оборудования

1	Калориметр
2	Термометр стеклянный ( $100^\circ\text{C}$ )
3	Весы электронные (предел измерения 200 г)
4	Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2 \text{ мл}$ )
5	Цилиндр алюминиевый № 2 с нитью, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 70 \text{ г}$

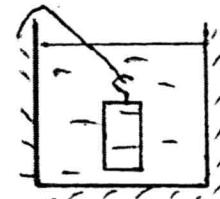
#### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке.
- Определите по таблице значение удельной теплоемкости воды - с.
- Поместите цилиндр № 2, удерживая за нить, в чайник с термостатом установленным на температуру  $T = 70^0$
- Влейте в стакан калориметра 150 мл воды и измерьте весами ее массу  $m$  используя функцию исключения массы тары.
- Измерьте температуру воды в калориметре  $T_0$ .
- Поместите в калориметр цилиндр нагретый в термостате.
- Поместите в калориметр термометр и, наблюдая за его показаниями, определите момент наступления теплового равновесия. Измерьте температуру воды в этот момент  $T_p$
- Вычислите количество теплоты полученное водой при нагревании от цилиндра  $Q$  по формуле:  $Q = cm(T_p - T_0)$ .



#### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки
- $Q = cm(T_p - T_0)$
- $m = (150,55 \pm 0,01) \text{ г}$
- $T_0 = (22 \pm 0,5)^0\text{C}$
- $T_p = (26 \pm 0,5)^0\text{C}$
- $Q = 2520 \text{ Дж}$



#### Указание экспертам

Значение количества теплоты полученной водой вычисленное на основе данных эксперимента зависит от условий проведения опыта: температуры воздуха в помещении, погрешности термостата чайника.

Верным считать ответ, если приведенное значение количества теплоты попадает в интервал  $(2645 \div 2395) \text{ Дж}$ .

#### 2.2.17. Измерение удельной теплоемкости металлического цилиндра

**Цель опыта:** определить удельную теплоемкость вещества из которого изготовлен металлический цилиндр.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №7 (калориметр, термометр стеклянный, весы электронные, цилиндр №1 на нити, цилиндр мерный), соберите экспериментальную установку и определите удельную теплоемкость вещества, из которого изготовлен металлический цилиндр.

#### В бланке ответов:

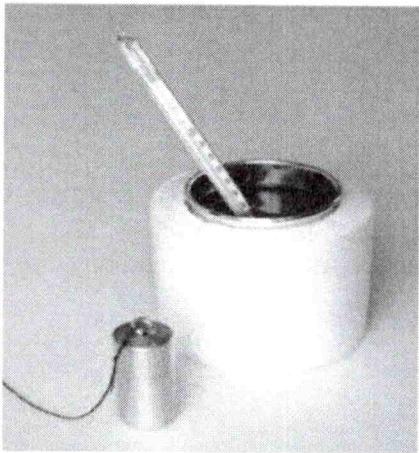
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета удельной теплоемкости цилиндра;
- запишите результаты измерений температуры воды в начале опыта, температуры воды после установления теплового равновесия, массы воды в калориметре, массы цилиндра;

- запишите вычисленное значение удельной теплоемкости вещества цилиндра.

### Характеристика оборудования

1	Калориметр
2	Термометр стеклянный ( $100^{\circ}\text{C}$ )
3	Весы электронные (предел измерения 200 г)
4	Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2$ мл)
5	Цилиндр стальной № 1 с нитью, $V = 25 \text{ см}^3$ , $m = 195 \text{ г}$

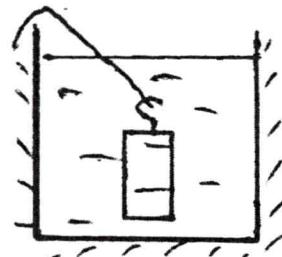
### Порядок выполнения задания



- Соберите установку как показано на рисунке.
- Определите по таблице значение удельной теплоемкости воды  $c$ .
- Измерьте весами массу цилиндра  $m_{\text{ц}}$ .
- Поместите цилиндр, удерживая за нить, в чайник с терmostатом установленным на температуру  $T = 70^{\circ}$ .
- Влейте в стакан калориметра 150мл воды и измерьте весами ее массу  $m_{\text{в}}$  используя функцию исключения массы тары.
- Измерьте температуру воды в калориметре  $T_0$ .
- Поместите в калориметр цилиндр, нагретый до температуры воды в терmostате  $T = 70^{\circ}$ .
- Поместите в калориметр термометр и, наблюдая за его показаниями, определите момент наступления теплового равновесия. Измерьте температуру воды в этот момент  $T_p$ .
- Вычислите удельную теплоемкость цилиндра с по формуле:  $c = c_{\text{в}}m_{\text{в}}(T_p - T_0)/m_{\text{ц}}(T - T_p)$ .

### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки
- $c = c_{\text{в}}m_{\text{в}}(T_p - T_0)/m_{\text{ц}}(T - T_p)$
- $m_{\text{ц}} = (196,31 \pm 0,01) \text{ г}$
- $m_{\text{в}} = (151,25 \pm 0,01) \text{ г}$
- $T_0 = (22 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$
- $T_p = (28 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$
- $c = 461 \text{ Дж/кг*град}$



### Указание экспертам

Методика выполнения лабораторной работы по определению удельной теплоемкости вещества, приведенная в учебниках физики, рекомендованных для изучения предмета в основной школе, не учитывает теплообмен со стаканом калориметра. Из-за этого значение теплоемкости стали, вычисленное по данным эксперимента, не совпадает с табличным значением (500Дж/кг\*град). Кроме того,

полученный результат зависит от условий проведения опыта: температуры воздуха в помещении, погрешности термостата чайника.

Верным считать ответ, если приведенное значение теплоемкости вещества попадает в интервал  $(500 \div 400)$  Дж/кг\*град.

### 2.2.18. Определение электрического сопротивления резистора

**Цель опыта:** определить значение электрического сопротивления резистора, измерив приложенное к нему напряжение и силу тока в цепи.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта № 3 (источник электропитания, вольтметр, амперметр, резистор R1, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте сопротивление резистора электрическому току.

**В бланке ответов:**

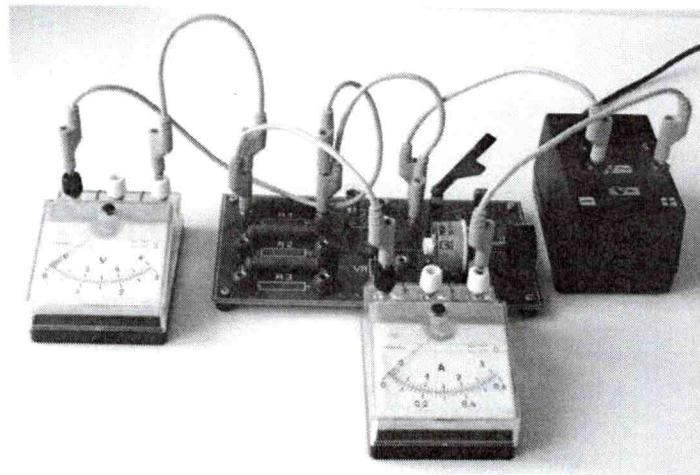
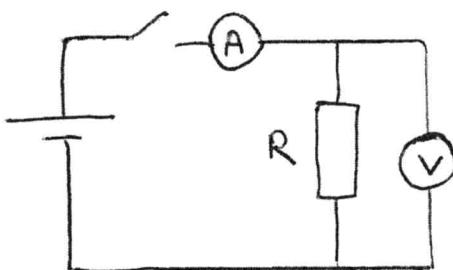
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета сопротивления резистора;
- укажите результаты измерений напряжения и силы тока в резисторе с учетом абсолютных погрешностей измерений;
- запишите значение сопротивления резистора.

#### Характеристика оборудования

1	Источник питания постоянного тока 4,5
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой VR = 10 Ом; - резистор R1=4,7 Ом - резистор R2=5,7 Ом - резистор R3 = 8,2 Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке
2. Замкните ключ, измерьте и запишите значения напряжения U на резисторе R1 и силы тока I в нем.
3. Вычислите значение сопротивления резистора по формуле:  $R = U/I$



### Образец возможного выполнения задания.

1. Схема экспериментальной установки
2.  $R = U/I$
3.  $U = (4,4 \pm 0,1) \text{ В};$   
 $I = (0,34 \pm 0,1) \text{ А}.$
4.  $R = 4,4 \text{ В}/0,34 \text{ А} \approx 13 \text{ Ом}$

### Указание экспертам.

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей прямых измерений напряжения и силы тока.

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром на пределе 0,6А -  $\pm 0,01\text{A}$ ;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром с пределом 6В -  $\pm 0,1\text{B}$ ;

Тогда нижняя граница значения сопротивления резистора  $R_{\text{нг}} = U_{\text{нг}}/ I_{\text{вг}} = 4,3\text{В}/0,35\text{A} \approx 12,2 \text{ Ом}$ ;

Верхняя граница значения сопротивления резистора  $R_{\text{вг}} = U_{\text{вг}}/ I_{\text{нг}} = 4,5\text{В}/0,33\text{A} \approx 13,7 \text{ Ом}$ .

$$R = (R_{\text{вг}} + R_{\text{нг}})/2 \approx 13 \text{ Ом} \text{ и } \Delta R = (R_{\text{вг}} - R_{\text{нг}})/2 \approx 0,75 \text{ Ом}$$

Полученное по результатам опыта значение работы тока может считаться верным, если оно попадает в интервал значений

$$R = (13 \pm 0,75)\text{Ом}$$

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта № 3 (источник электропитания, вольтметр, амперметр, резистор R3, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте сопротивление резистора электрическому току.

### В бланке ответов:

- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета сопротивления резистора;

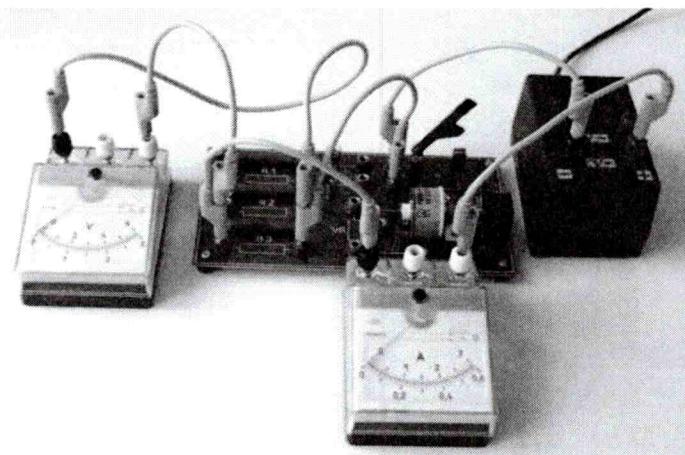
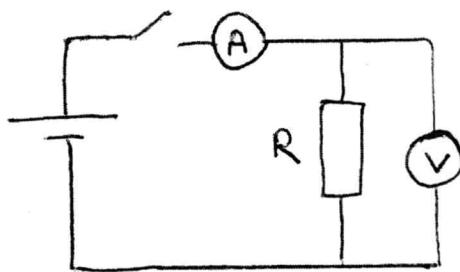
- укажите результаты измерений напряжения и силы тока в резисторе с учетом абсолютных погрешностей измерений;
- запишите значение сопротивления резистора.

### Характеристика оборудования

1	Источник питания постоянного тока 4,5
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой VR = 10 Ом; - резистор R1=4,7 Ом - резистор R2=5,7 Ом - резистор R3 = 8,2 Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

### Порядок выполнения задания

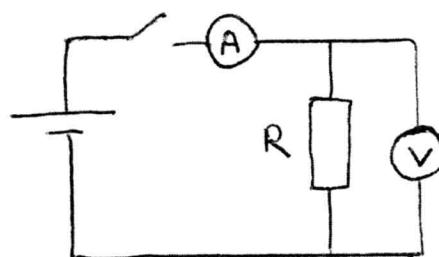
- Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



- Замкните ключ, измерьте и запишите значения напряжения  $U$  на резисторе  $R_1$  и силы тока  $I$  в нем.
- Вычислите значение сопротивления резистора по формуле:  $R = U/I$

### Образец возможного выполнения задания.

- Схема экспериментальной установки
- $R = U/I$
- $U = (4,2 \pm 0,1) \text{ В};$   
 $I = (0,7 \pm 0,05) \text{ А.}$
- $R = 4,2 \text{ В}/0,7 \text{ А} = 6 \text{ Ом}$



**Указание экспертам.**

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей прямых измерений напряжения и силы тока.

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром -  $\pm 0,05 \text{ A}$ ;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром -  $\pm 0,1 \text{ В}$ ;

Тогда нижняя граница значения сопротивления резистора  $R_{\text{нг}} = U_{\text{нг}} / I_{\text{вг}} = 4,1 \text{ В} / 0,75 \text{ A} \approx 5,4 \text{ Ом}$ ;

Верхняя граница значения сопротивления резистора  $R_{\text{вг}} = U_{\text{вг}} / I_{\text{нг}} = 4,3 \text{ В} / 0,65 \text{ A} \approx 6,62 \text{ Ом}$ .

$$R = (R_{\text{вг}} + R_{\text{нг}}) / 2 = 6,01 \text{ Ом} \text{ и } \Delta R = (R_{\text{вг}} - R_{\text{нг}}) / 2 = 0,61 \text{ Ом}$$

Полученное по результатам опыта значение работы тока может считаться верным, если оно попадает в интервал значений

$$R = (6,01 \pm 0,61) \text{ Ом}$$

**2.2.19. 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 оборудование из комплекта № 3 (источник электропитания, вольтметр, амперметр, резистор R2, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте мощность электрического тока выделяемую в резисторе.

**В бланке ответов:**

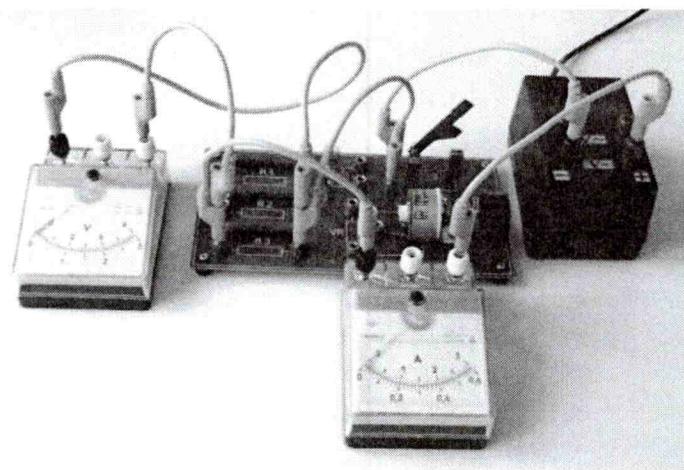
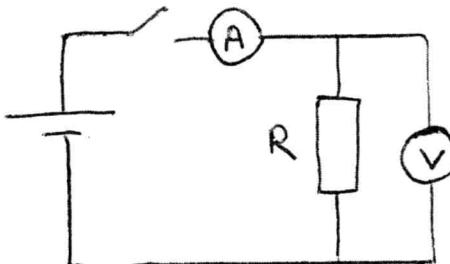
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета мощности постоянного тока;
- укажите результаты измерений напряжения и силы тока в резисторе с учетом абсолютных погрешностей измерений;
- запишите значение мощности электрического тока.

**Характеристика оборудования**

1	Источник питания постоянного тока 4,5
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой VR = 10 Ом; - резистор R1=4,7 Ом - резистор R2=5,7 Ом - резистор R3 = 8,2 Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

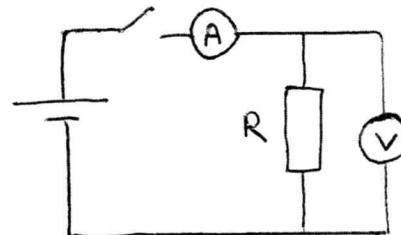
- Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



- Замкните ключ, измерьте и запишите значения напряжения  $U$  на резисторе  $R_2$  и силы тока  $I$  в нем.
- Вычислите значение мощности которую выделяет электрический ток по формуле:  $P = IU$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

- Схема экспериментальной установки
- $P = IU$
- $U = (4,4 \pm 0,1) \text{ В};$   
 $I = (0,8 \pm 0,05) \text{ А.}$
- $P = 0,8 \text{ А} \times 4,4 \text{ В} = 3,52 \text{ Вт}$

**Указание экспертам.**

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей прямых измерений напряжения и силы тока.

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром -  $\pm 0,05\text{A}$ ;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром -  $\pm 0,1\text{B}$ ;

Тогда нижняя граница значения мощности тока  $P_{\text{НГ}} = I_{\text{НГ}} U_{\text{НГ}} = 0,75\text{A} \times 4,3\text{B} \approx 3,22 \text{ Вт}$ ;

Верхняя граница значения мощности тока  $P_{\text{ВГ}} = I_{\text{ВГ}} U_{\text{ВГ}} = 0,85\text{A} \times 4,5\text{B} \approx 3,83 \text{ Вт}$ .

$P = (P_{\text{ВГ}} + P_{\text{НГ}})/2 = 3,53 \text{ Вт}$  и  $\Delta P = (P_{\text{ВГ}} - P_{\text{НГ}})/2 = 0,31 \text{ Вт}$

Полученное по результатам опыта значение мощности тока может считаться верным, если оно попадает в интервал значений

$$P = (3,53 \pm 0,31) \text{ Вт}$$

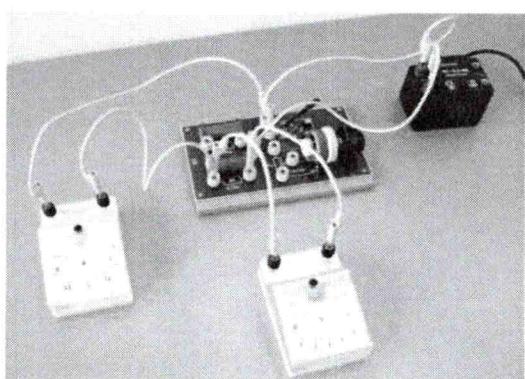
**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта № 3 (источник электропитания, вольтметр, амперметр, резистор  $R_3$ , ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте мощность электрического тока выделяемую в резисторе.

**В бланке ответов:**

- Сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- Запишите формулу для расчета мощности постоянного тока;
- Укажите результаты измерений напряжения и силы тока в резисторе с учетом абсолютных погрешностей измерений;
- Запишите значение мощности электрического тока.

**Характеристика оборудования**

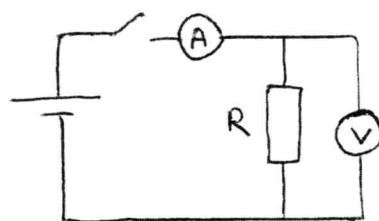
1	Источник питания постоянного тока 4,5
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10 \text{ Ом}$ ; - резистор $R1=4,7 \text{ Ом}$ - резистор $R2=5,7 \text{ Ом}$ - резистор $R3 = 8,2 \text{ Ом}$ - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

- Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке
- Замкните ключ, измерьте и запишите значения напряжения  $U$  на резисторе  $R3$  и силы тока  $I$  в нем.
- Вычислите значение мощности которую выделяет электрический ток по формуле:  $P = IU$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

- Схема экспериментальной установки
- $P = IU$
- $U = (4,4 \pm 0,1) \text{ В};$   
 $I = (0,34 \pm 0,05) \text{ А};$
- $P = 0,34 \text{ А} \times 4,4 \text{ В} = 1,5 \text{ Вт}$

**Указание экспертам.**

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей прямых измерений напряжения и силы тока.

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром на пределе 0,6 А -  $\pm 0,05$  А;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром -  $\pm 0,1$  В;

Тогда нижняя граница значения мощности тока  $P_{\text{НГ}} = I_{\text{НГ}} U_{\text{НГ}} = 0,3 \text{ A} \times 4,3 \text{ В} \approx 1,41 \text{ Вт}$ ;

Верхняя граница значения мощности тока  $P_{\text{ВГ}} = I_{\text{ВГ}} U_{\text{ВГ}} = 0,35 \text{ A} \times 4,5 \text{ В} \approx 1,58 \text{ Вт}$ .

$$P = (P_{\text{ВГ}} + P_{\text{НГ}})/2 = 1,5 \text{ Вт} \text{ и } \Delta P = (P_{\text{ВГ}} - P_{\text{НГ}})/2 \approx 0,1 \text{ Вт}$$

Полученное по результатам опыта значение мощности тока может считаться верным, если оно попадает в интервал значений

$$P = (1,5 \pm 0,1) \text{ Вт}$$

### 2.2.20. Измерение работы электрического тока

**Цель опыта:** определить работу электрического тока, протекающего через резистор в течении заданного времени, измерив приложенное к нему напряжение и силу тока в цепи.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта № 3 (источник электропитания, вольтметр, амперметр, резистор R1, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте работу, которую совершают электрический ток в резисторе за 5 минут.

**В бланке ответов:**

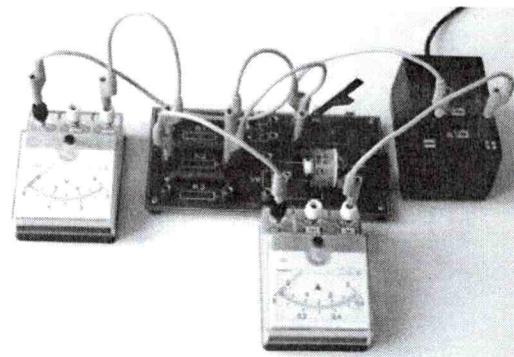
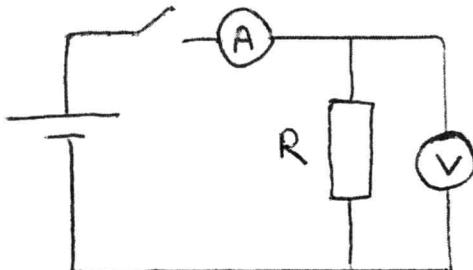
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы постоянного тока;
- укажите результаты измерений напряжения и силы тока в резисторе с учетом абсолютных погрешностей измерений;
- запишите значение работы электрического тока.

### Характеристика оборудования

1	Источник питания постоянного тока 4,5
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой VR = 10 Ом; - резистор R1=4,7 Ом - резистор R2=5,7 Ом - резистор R3 = 8,2 Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

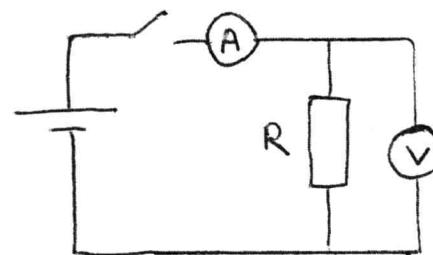
- Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



- Замкните ключ, измерьте и запишите значения напряжения  $U$  на резисторе  $R_1$  и силы тока  $I$  в нем;
- Вычислите значение работы которую совершают электрический ток за время  $t = 3$  мин по формуле:  $A = IUt$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

- Схема экспериментальной установки
- $A = IUt$
- $U = (4,2 \pm 0,1) \text{ В};$   
 $I = (0,9 \pm 0,05) \text{ А};$   
 $t = 5 \text{ мин} = 300 \text{ с}$
- $A = 0,9 \text{ А} \times 4,2 \text{ В} \times 300 \text{ с} = 1134 \text{ Дж}$

**Указание экспертам.**

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей прямых измерений напряжения и силы тока.

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром -  $\pm 0,05 \text{ А}$ ;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром -  $\pm 0,1 \text{ В}$ ;

Тогда нижняя граница значения работы тока  $A_{\text{ни}} = I_{\text{ни}} U_{\text{ни}} t = 0,85 \text{ А} \times 4,1 \text{ В} \times 300 \text{ с} \approx 1045 \text{ Дж}$ ;

Верхняя граница значения работы тока  $A_{\text{вр}} = I_{\text{вр}} U_{\text{вр}} t = 0,95 \text{ А} \times 4,3 \text{ В} \times 300 \text{ с} \approx 1226 \text{ Дж}$ ;

$$A = (A_{\text{вр}} + A_{\text{ни}})/2 = 1135,5 \text{ Дж} \text{ и } \Delta A = (A_{\text{вр}} - A_{\text{ни}})/2 = 90,5 \text{ Дж}$$

Полученное по результатам опыта значение работы тока может считаться верным, если оно попадает в интервал значений

$$A = (1135,5 \pm 90,5) \text{ Дж}$$

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта № 3 (источник электропитания, вольтметр, амперметр, резистор  $R_2$ , ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте работу, которую совершает электрический ток в резисторе за 5 минут.

**В бланке ответов:**

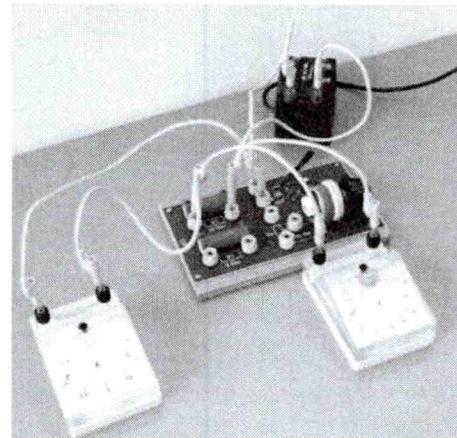
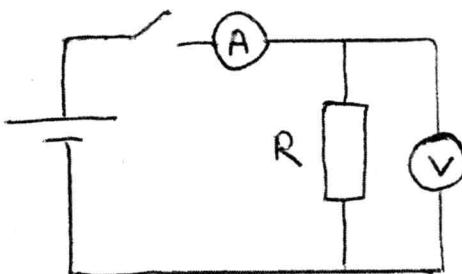
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета работы постоянного тока;
- укажите результаты измерений напряжения и силы тока в резисторе с учетом абсолютных погрешностей измерений;
- запишите значение работы электрического тока.

**Характеристика оборудования**

1	Источник питания постоянного тока 4,5
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10$ Ом; - резистор $R_1=4,7$ Ом - резистор $R_2=5,7$ Ом - резистор $R_3 = 8,2$ Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

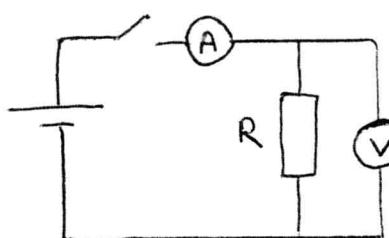
1. Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



2. Замкните ключ, измерьте и запишите значения напряжения  $U$  на резисторе  $R_2$  и силы тока  $I$  в нем.
3. Вычислите значение работы которую совершают электрический ток за время  $t = 5$  мин по формуле:  $A = IUt$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Схема экспериментальной установки
2.  $A = IUt$
3.  $U = (4,4 \pm 0,1)$  В;
- $I = (0,8A \pm 0,05)$  А;



$t = 5 \text{мин} = 300 \text{ с}$

$$4. A = 0,8 \text{ А} \times 4,4 \text{ В} \times 300 \text{ с} = 1056 \text{ Дж}$$

#### Указание экспертам.

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ на основании учета границ погрешностей прямых измерений напряжения и силы тока.

Граница погрешности прямого измерения силы тока амперметром -  $\pm 0,05 \text{ А}$ ;

Граница погрешности прямого измерения напряжения вольтметром -  $\pm 0,1 \text{ В}$ ;

Тогда нижняя граница значения работы тока  $A_{\text{нг}} = I_{\text{нг}} U_{\text{нг}} t = 0,75 \text{ А} \times 4,3 \text{ В} \times 300 \text{ с} \approx 967 \text{ Дж}$ ;

Верхняя граница значения работы тока  $A_{\text{вр}} = I_{\text{вр}} U_{\text{вр}} t = 0,85 \text{ А} \times 4,5 \text{ В} \times 300 \text{ с} \approx 1148 \text{ Дж}$ ;

$$A = (A_{\text{вр}} + A_{\text{нг}})/2 = 1057,5 \text{ Дж} \text{ и } \Delta A = (A_{\text{вр}} - A_{\text{нг}})/2 = 90,5 \text{ Дж}$$

Полученное по результатам опыта значение работы тока может считаться верным, если оно попадает в интервал значений

$$A = (1057,5 \pm 90,5) \text{ Дж}$$

#### 2.2.21. Измерение показателя преломления стекла

**Цель опыта.** Определить показатель преломления стекла, используя закон преломления света.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №4 (оптическую скамью, рейтеры с источником света, с щелевым отверстием, стеклянный полуцилиндр, планшет с круговым транспортиром, источник питания и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и определите показатель преломления стекла

#### В бланке ответов:

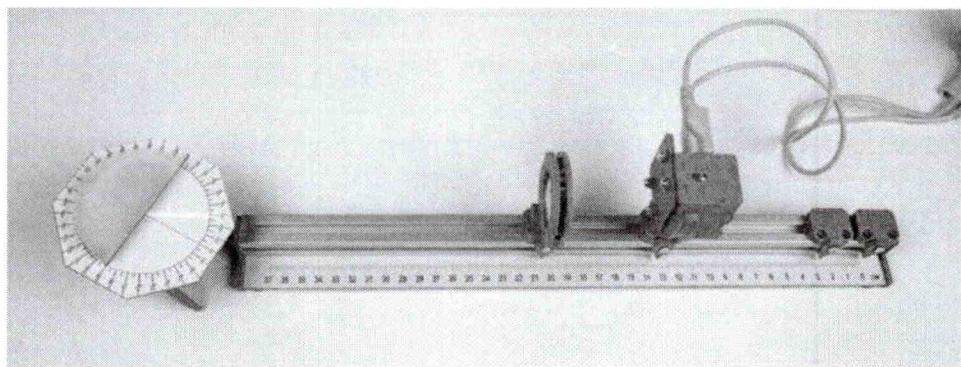
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для вычисления показателя преломления вещества на основе значений углов падения и преломления света;
- запишите значения углов падения и преломления света с учетом абсолютной погрешности измерения.
- запишите полученное значение показателя преломления стекла.

#### Характеристика оборудования

1	Источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В <b>ИЛИ</b> Источник питания постоянного тока 5 В: - внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя) - сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя) - переходник для внешнего аккумулятора
2	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм
3	Осветитель (светодиодный источник света)
4	Соединительные провода
5	Слайд с отверстием в виде буквы F и с щелевым отверстием
6	Полуцилиндр (плоская стеклянная пластина)
7	Планшет с круговым транспортиром

**Порядок выполнения задания**

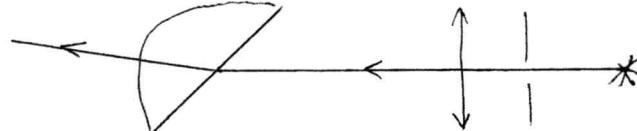
- Соберите установку для определения показателя преломления стекла.



- Включите осветитель
- Получите на поверхности планшета с транспортиром узкий световой пучок.
- Установите полуцилиндр на планшет так, чтобы пучок света падал на середину плоской грани полуцилиндра под углом  $\alpha = 45^\circ$
- Запишите значение угла падения  $\alpha$  и угла преломления  $\beta$  с учетом абсолютной погрешности равной половине цены деления шкалы транспортира.
- Вычислите показатель преломления стекла по формуле:  $n = \sin\alpha/\sin\beta$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

- Вид возможного варианта рисунка установки:
- $\alpha = 45^\circ \pm 2,5^\circ$
- $\beta = 30^\circ \pm 2,5^\circ$
- $n = 1,4$

**Указание экспертам.**

Погрешность измерения углов зависит от ширины сечения светового пучка (определяется шириной щели диафрагмы, в спецификации не задана), точности совмещения точки падения луча с серединой плоской грани полуцилиндра и цены деления шкалы транспортира. С учетом указанных факторов реальные значения углов могут находиться в интервале  $\pm 3^\circ$  от указанных в отчете. Следовательно, результат измерения показателя преломления стекла можно считать верным, если его значение, приведенное в отчете, попадет в интервал  $n = 1,2 \div 1,6$ .

**2.2.22. Измерение фокусного расстояния собирающей линзы**

**Цель опыта.** Определить фокусное расстояние собирающей линзы по свойству равенства размеров предмета и его изображения, полученного с помощью линзы, когда предмет расположен от линзы на расстоянии равном двойному фокусному расстоянию линзы

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №4 (оптическую скамью, рейтеры с источником света, собирающей линзой и экраном), соберите экспериментальную установку и определите фокусное расстояние линзы.

**В бланке ответов:**

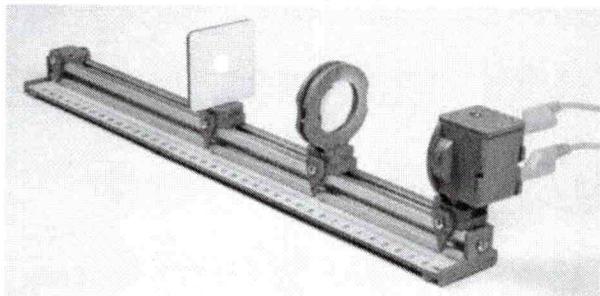
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета фокусного расстояния собирающей линзы при условии равенства размера предмета и его изображения, полученного линзой;
- запишите значение расстояния от предмета до линзы  $d$ , при котором размеры предмета и его изображения совпали;
- запишите полученное значение фокусного расстояния линзы.

**Характеристика оборудования**

1	Источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В <b>ИЛИ</b> Источник питания постоянного тока 5 В: - внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя) - сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя) - переходник для внешнего аккумулятора
2	Собирающая линза 2 $F_2 = 50$ мм
3	Экран
4	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм
5	Осветитель (светодиодный источник света)
6	Соединительные провода
7	Линейка

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку для определения фокусного расстояния линзы как показано на рисунке.



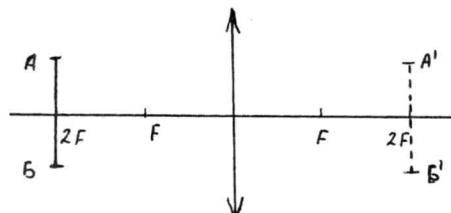
2. Включите осветитель
3. Получите на экране с помощью линзы четкое изображение окна осветителя.
4. Установите осветитель и экран относительно линзы так, чтобы размер окна осветителя и размер его изображения на экране были равны. Равенство размеров проконтролируйте линейкой.

5. Измерьте расстояние от окна осветителя до линзы  $d$ . Значение  $d$  запишите.
6. Вычислите значение фокусного расстояния линзы  $F$  по формуле:  $F = d/2$ .

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Вид возможного варианта рисунка установки:
2.  $F = d/2$ .
3.  $d = 110$  мм
4.  $F = 55$  мм

**Указание экспертам.**



Абсолютная погрешность измерения расстояния шкалой оптической скамьи с ценой деления 1мм измеренная по разности координат осветителя и центра линзы составляет  $\pm 1\text{мм}$ . К этому значению следует добавить ошибку возникающую в силу невозможности определить точное положение центра линзы из-за ее конечной толщины. При толщине линзы в 10мм данная погрешность может достигать значения  $\pm 5\text{мм}$ . Кроме того необходимо учесть допуск на значение фокусного расстояния задаваемый предприятием - изготовителем линзы (по спецификации ФИПИ для линзы 2 из набора №4 он составляет  $\pm 5\text{мм}$ ) Следовательно, с учетом всех указанных факторов, абсолютная погрешность измерения фокусного расстояния может быть в пределах  $\Delta F = \pm 11\text{ мм}$ .

Следовательно результат измерения фокусного расстояния линзы можно считать верным, если его значение попадет в интервал  $F = (55 \pm 11)\text{ мм}$

### 2.2.23. Измерение фокусного расстояния системы из двух линз

**Цель опыта.** Определить фокусное расстояние системы из двух сложенных вместе собирающих линз по свойству равенства размеров предмета и его изображения, полученного с помощью системы линз, когда предмет расположен от линз на расстоянии равном их двойному фокусному расстоянию.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №4 (оптическую скамью, рейтеры с источником света, собирающими линзами и экраном), соберите экспериментальную установку и определите фокусное двух сложенных вместе собирающих линз.

**В бланке ответов:**

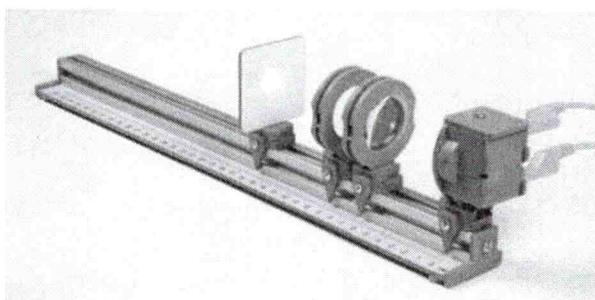
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета фокусного расстояния собирающей линзы при условии равенства размера предмета и его изображения, полученного линзой;
- запишите значение расстояния от предмета до линз  $d$ , при котором размеры предмета и его изображения совпали;
- запишите полученное значение фокусного расстояния двух сложенных линз.

**Характеристика оборудования**

1	Источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В ИЛИ Источник питания постоянного тока 5 В: - внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя) - сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя) - переходник для внешнего аккумулятора
2	Собирающая линза 1 $F_1 = 100\text{ мм}$
3	Собирающая линза 2 $F_2 = 50\text{ мм}$
4	Экран
5	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм
6	Осветитель (светодиодный источник света)
7	Соединительные провода
8	Линейка

### Порядок выполнения задания

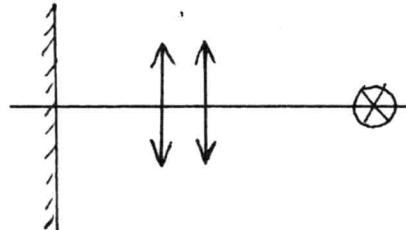
- Соберите установку для определения фокусного расстояния линзы как показано на рисунке



- Включите осветитель
- Получите на экране с помощью составленных вместе линз четкое изображение окна осветителя.
- Установите осветитель и экран относительно линз так, чтобы размер окна осветителя и размер его изображения на экране были равны. Равенство размеров проконтролируйте линейкой.
- Измерьте расстояние от окна осветителя до середины промежутка между линзами  $d$ . Значение  $d$  запишите.
- Вычислите значение фокусного расстояния  $F$  двух линз, сложенных вместе, по формуле:  $F = d/2$ .

### Образец возможного выполнения задания.

- Вид возможного варианта рисунка установки:
- $F = d/2$ .
- $d = 80 \text{ мм}$
- $F = 40 \text{ мм}$



### Указание экспертам.

Абсолютная погрешность измерения расстояния шкалой оптической скамьи с ценой деления 1мм измеренная по разности координат осветителя и центра линз составляет  $\pm 1\text{мм}$ . Кроме того необходимо учесть допуск на значение фокусного расстояния задаваемый предприятием - изготовителем линзы (по спецификации ФИПИ для линзы 1 из набора №4 он составляет  $\pm 10 \text{ мм}$ , для линзы 2 -  $\pm 5\text{мм}$ ) Следовательно, с учетом всех указанных факторов, абсолютная погрешность измерения фокусного расстояния может быть в пределах  $\Delta F = \pm 11 \text{ мм}$ .

Следовательно результат измерения фокусного расстояния линзы можно считать верным, если его значение попадет в интервал  $F = (40 \pm 11 \text{ мм})$

### 2.2.24. 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 распространяющийся до линзы вдоль ее главной оптической оси.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта № 4 (оптическую скамью, рейтер с собирающей линзой и экран), соберите экспериментальную установку и определите оптическую силу линзы.

#### В бланке ответов:

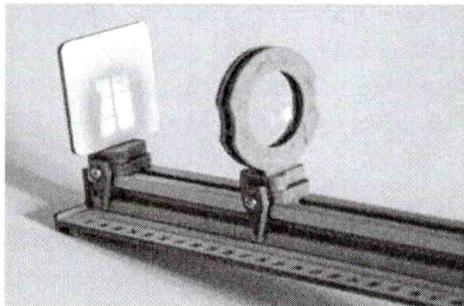
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета оптической силы собирающей линзы;

- укажите результаты измерения фокусного расстояния линзы.
- запишите полученное значение оптической силы линзы.

### Характеристика оборудования

1.	Собирающая линза 2 F <sub>2</sub> = 50 мм
2.	Экран
3.	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм

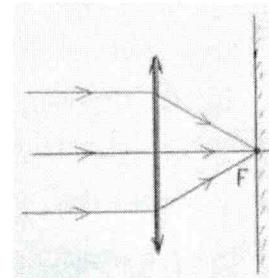
### Порядок выполнения задания



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 = 53 мм = 0,053 м
4. D = 1/0,11 м = 18,9 дптр



### Указание экспертам.

Абсолютная погрешность измерения расстояния шкалой направляющей с ценой деления 1мм измеренная по разности координат экрана и центра линзы составляет  $\pm 1\text{мм}$ . 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  $\pm 3,5\text{мм}$ . Кроме того необходимо учесть допуск на значение фокусного расстояния задаваемый предприятием - изготовителем линзы (для линзы из набора №4 он составляет  $\pm 5\text{мм}$ ) Следовательно, с учетом всех указанных факторов, абсолютная погрешность измерения фокусного расстояния может быть в пределах  $\Delta F = \pm 9,5 \text{ мм}$ .

Следовательно результат измерения фокусного расстояния линзы можно считать верным, если его значение попадет в интервал  $F = (53 \pm 9,5)\text{мм} = (0,053 \pm 0,0095)\text{м}$

Интервал допустимых значений оптической силы линзы может быть определен методом границ:  $D_{\text{вг}} = 1/F_{\text{нг}} = 1/0,0435 \approx 23 \text{ дптр}$ ;  $D_{\text{нг}} = 1/F_{\text{вг}} = 1/0,0625 \approx 16 \text{ дптр}$

Откуда  $D = (D_{\text{вг}} + D_{\text{нг}})/2 = 19,5 \text{ дптр}$  и  $\Delta D = (D_{\text{вг}} - D_{\text{нг}})/2 = 3,5 \text{ дптр}$

Полученное по результатам опыта значение оптической силы может считаться верным, если попадает в интервал значений

$$D = (19,5 \pm 3,5) \text{ дптр}$$

## 2.3. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 2.3.1. Исследование зависимости перемещения бруска от времени

**Цель опыта:** проверить утверждение о том, что при движении с ускорением, тело совершает одинаковые перемещения за более короткие отрезки времени.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №5 (деревянный брускок, секундомер с двумя датчиками, направляющую и детали штатива), соберите экспериментальную установку и исследуйте как изменяется время, за которое брускок совершает одинаковые перемещения при соскальзывании с наклонной направляющей.

#### В бланке ответов:

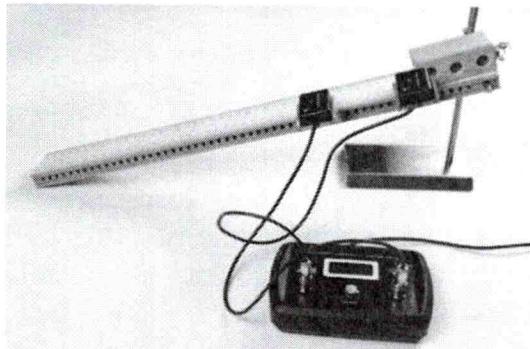
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерений времени движения бруска на разных участках направляющей одинаковой длины;
- запишите вывод о зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей.

#### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Брускок, масса бруска ( $50 \pm 2$ ) г
5	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
6	Основание штатива
7	Муфта штатива
8	Рожковый ключ S10
9	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
10	Стержень Ø6x160 мм
11	Узел крепления направляющей

#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.



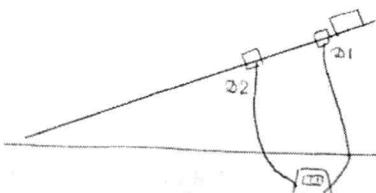
Закрепите, используя детали штатива, направляющую под углом около  $30^{\circ}$  относительно поверхности стола. На направляющей закрепите датчики секундометра на расстоянии 10 сантиметров друг от друга. Верхний датчик должен располагаться как можно ближе к брускому, установленному на верхнем конце направляющей.

2. Измерьте время движения бруска  $t_1$  между датчиками.

3. Повторите опыт закрепив датчики на расстоянии 10см друг от друга в средней части направляющей. Пуск бруска при этом проводят с верхнего ее конца. Запишите время движение бруска между датчиками  $t_2$ .
4. Повторите опыт закрепив датчики на расстоянии 10см друг от друга в нижней части направляющей. Пуск бруска при этом проводят с верхнего ее конца. Запишите время движение бруска между датчиками  $t_3$ .
5. Сравните значения времени прохождения бруском одинаковых расстояний в начале, в середине и в конце пути
6. Сформулируйте и запишите вывод о справедливости утверждения о том, что при движении с ускорением, тело совершает одинаковые перемещения за разное время.

#### **Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2.  $t_1 = 0,217 \text{ с}$   
 $t_2 = 0,122 \text{ с}$   
 $t_3 = 0,095 \text{ с}$
3. Вывод. При соскальзывании с наклонной направляющей бруск совершил одинаковые перемещения за более короткие отрезки времени.

#### **Указание экспертам**

Время измеряют секундомером с дискретностью измерения 0,001с, следовательно, абсолютная погрешность измерения времени составляет  $\pm 0,001\text{с}$

Поскольку интервалы возможных значений времени движения не перекрываются, можно утверждать что для одинаковых перемещений на разных этапах движения они действительно уменьшаются и сделанный вывод справедлив.

#### **2.3.2. Исследование зависимости скорости бруска от времени**

**Цель опыта:** установить как зависит скорость движения тела при соскальзывании с наклонной плоскости от времени движения.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №5 (деревянный бруск, секундомер с двумя датчиками, направляющую и детали штатива), соберите экспериментальную установку и исследуйте как изменяется со временем скорость движения бруска при соскальзывании с направляющей из состояния покоя.

#### **В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета конечной скорости бруска при движении из состояния покоя;

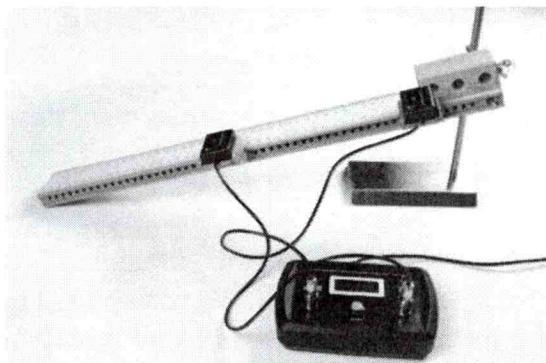
- укажите в виде таблицы результаты измерений расстояния между датчиками и времени движения с учетом абсолютных погрешностей при трех разных положениях датчиков на направляющей;
- вычислите и укажите в таблице значения скорости бруска в трех разных точках его траектории;
- запишите вывод о зависимости скорости бруска от времени движения.

### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Брусок, масса бруска ( $50 \pm 2$ ) г
5	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
6	Основание штатива
7	Муфта штатива
8	Рожковый ключ S10
9	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
10	Стержень Ø6x160 мм
11	Узел крепления направляющей

### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке.



- Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений следующего вида:

Перемещение S, м	Время t, с	Скорость V, м/с

- Закрепите, используя детали штатива, направляющую под углом около  $30^\circ$  относительно поверхности стола. На направляющей закрепите датчики секундомера. Верхний датчик должен располагаться как можно ближе к бруски, установленному на верхнем конце направляющей. Второй датчик -на расстоянии около 10 см от верхнего.
- Измерьте по шкале направляющей расстояние S между датчиками секундомера.
- Произведите пуск бруска с верхнего конца направляющей и измерьте секундомером время t его движения между датчиками.

6. Запишите данные измерений расстояния  $S$  и времени  $t$  с учетом абсолютных погрешностей (погрешность расстояния считать равной цене деления шкалы, погрешность времени - дискретности показаний электронного секундомера).
7. Повторите опыт при расстояниях между датчиками в 20 и 30 см.
8. Вычислите для каждого опыта значение скорости  $V$  бруска а по формуле:  $V = 2S/t$ .
9. Сравните значения скоростей в конце разных промежутков времени с момента начала движения, сформулируйте и запишите вывод о зависимости скорости бруска от времени его движения.

#### **Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2.  $V = 2S/t$ .

- 3.

Перемещение $S$ , м	Время $t$ , с	Скорость $V$ , м/с
0,1	0,235	0,85
0,2	0,375	1,07
0,3	0,472	1,27

4. Вывод.

Скорость бруска зависит от времени его движения. Чем больше время движения, тем больше скорость бруска.

#### **Указание экспертам**

Расстояние измеряют по шкале направляющей с ценой деления 1 мм, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = \pm 1$  мм.

Время измеряют секундомером с дискретностью измерения 0,001 с, следовательно, абсолютная погрешность измерения времени составляет  $\pm 0,001$  с

Отсюда значения скорости могут иметь значения в интервалах, указанных в таблице.

Перемещение $S$ , м	Время $t$ , с	Скорость $V$ , м/с
$0,1 \pm 0,001$	$0,235 \pm 0,001$	$0,85 \pm 0,03$
$0,2 \pm 0,001$	$0,375 \pm 0,001$	$1,07 \pm 0,03$
$0,3 \pm 0,001$	$0,472 \pm 0,001$	$1,27 \pm 0,03$

Поскольку интервалы возможных значений скоростей не перекрываются, можно утверждать что они действительно отличаются и сделанный вывод справедлив.

#### **2.3.3. Исследование зависимости ускорения бруска от времени**

**Цель опыта:** экспериментально проверить утверждение о том, что при равноускоренном движении тела его ускорение не зависит от времени.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №5 (деревянный бруск, секундомер с двумя датчиками, направляющую и детали штатива), соберите экспериментальную установку и исследуйте как изменяется ускорение движения бруска при соскальзывании с направляющей от времени.

**В бланке ответов:**

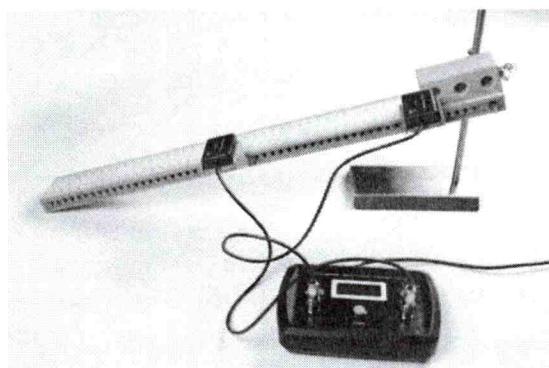
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета ускорения бруска при движении из состояния покоя;
- укажите в виде таблицы результаты измерений времени движения и расстояния между датчиками секундомера с учетом абсолютных погрешностей при трех разных положениях датчиков на направляющей;
- вычислите и укажите в таблице значения ускорения бруска при разных положениях датчиков;
- запишите вывод о зависимости ускорения бруска от времени его движения по направляющей.

**Характеристика оборудования**

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Бруск, масса бруска ( $50 \pm 2$ ) г
5	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
6	Основание штатива
7	Муфта штатива
8	Рожковый ключ S10
9	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
10	Стержень Ø6x160 мм
11	Узел крепления направляющей
12	Транспортир

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.



2. Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений следующего вида:

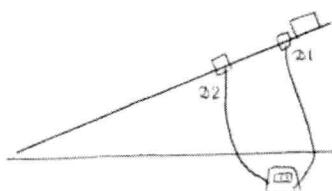
Перемещение S, м	Время t, с	Ускорение a, м/с <sup>2</sup>
0,15		
0,25		

0,35

3. Закрепите, используя детали штатива, направляющую под углом около  $30^\circ$  относительно поверхности стола. На направляющей закрепите датчики секундометра. Верхний датчик ( $D_1$ ) должен располагаться как можно ближе к брускам, установленному на верхнем конце направляющей. Второй датчик ( $D_2$ ) закрепите на расстоянии 15 см от верхнего.
4. Произведите пуск бруска с верхнего конца направляющей и измерьте секундомером время  $t$  его движения между датчиками.
5. Запишите результат измерения времени  $t$  с учетом абсолютной погрешности (погрешность считать равной дискретности показаний электронного секундометра).
6. Повторите опыт при расстояниях между датчиками в 25 см и 35 см.
7. Вычислите для каждого опыта значение ускорения бруска  $a$  по формуле:  $a = 2S/t^2$ .
8. Сравните значения ускорений со временем движения бруска в каждом опыте, сформулируйте и запишите вывод о зависимости ускорения бруска от времени его движения.

**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2.

Перемещение $S$ , м	Время $t$ , с	Ускорение $a$ , $\text{м}/\text{с}^2$
0,1	0,285	2,46
0,2	0,403	2,46
0,3	0,494	2,46

3. Вывод.

При увеличении времени движения бруска ускорение не менялось. Следовательно ускорение бруска не зависит от времени его движения при скользывании с направляющей.

**Указание экспертам**

Расстояние измеряют по шкале направляющей с ценой деления 1мм, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = \pm 1\text{мм}$ .

Время измеряют секундомером с дискретностью измерения 0,001с, следовательно, абсолютная погрешность измерения времени составляет  $\pm 0,001\text{с}$ .

Отсюда значения ускорений могут быть в интервалах, указанных в таблице.

Перемещение $S$ , м	Время $t$ , с	Ускорение $a$ , $\text{м}/\text{с}^2$
$0,1 \pm 0,001$	$0,285 \pm 0,001$	$2,46 \pm 0,01$
$0,2 \pm 0,001$	$0,403 \pm 0,001$	$2,46 \pm 0,01$
$0,3 \pm 0,001$	$0,494 \pm 0,001$	$2,46 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений ускорений перекрываются, можно утверждать что в разные моменты времени движения бруска его ускорение оставалось постоянным и сделанный вывод справедлив.

#### 2.3.4. Исследование зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей

**Цель опыта:** установить как зависит ускорение движения тела при скользывании с наклонной плоскости от угла ее наклона.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №5 (деревянный брускок, секундомер с двумя датчиками, направляющую и детали штатива), соберите экспериментальную установку и исследуйте как изменяется ускорение движения бруска при скользывании с направляющей от угла ее наклона.

**В бланке ответов:**

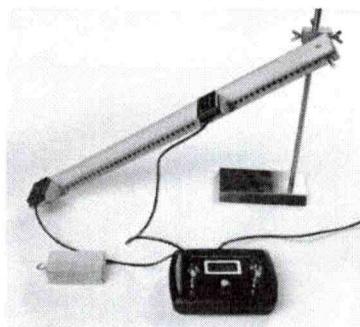
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите формулу для расчета ускорения бруска при движении из состояния покоя;
- укажите в виде таблицы результаты измерений времени движения и расстояния между датчиками секундомера с учетом абсолютных погрешностей при трех разных углах наклона направляющей;
- вычислите и укажите в таблице значения ускорения бруска при разных углах наклона направляющей;
- запишите вывод о зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей.

#### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Брускок, масса бруска ( $50 \pm 2$ ) г
5	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)
6	Основание штатива
7	Муфта штатива
8	Рожковый ключ S10
9	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
10	Стержень Ø6x160 мм
11	Узел крепления направляющей
12	Транспортир

#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.



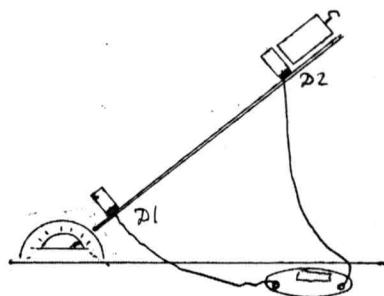
2. Подготовьте таблицу для регистрации результатов измерений и вычислений следующего вида:

Угол наклона $\alpha$ , град	Перемещение S, м	Время t, с	Ускорение a, м/с <sup>2</sup>
30			
40			
50			

3. Закрепите, используя детали штатива, направляющую под углом около  $30^\circ$  относительно поверхности стола. На направляющей закрепите датчики секундомера. Верхний датчик должен располагаться как можно ближе к брускам, установленному на верхнем конце направляющей.
4. Измерьте по шкале направляющей расстояние S между датчиками секундомера.
5. Произведите пуск бруска с верхнего конца направляющей и измерьте секундомером время t его движения между датчиками.
6. Запишите данные измерений расстояния S и времени t с учетом абсолютных погрешностей (погрешность расстояния считать равной удвоенной цене деления шкалы, погрешность времени - дискретности показаний электронного секундомера).
7. Повторите опыт при угле наклона  $40^\circ$  и  $50^\circ$ .
8. Вычислите для каждого опыта значение ускорения бруска а по формуле:  $a = 2S/t^2$ .
9. Сравните значения ускорений с углами наклона, сформулируйте и запишите вывод о зависимости ускорения бруска от угла наклона направляющей.

#### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2.

Угол наклона $\alpha$ , град	Перемещение S, м	Время t, с	Ускорение a, м/с <sup>2</sup>
30	0,25	0,451	2,46
40	0,25	0,319	4,91
50	0,25	0,259	7,45

#### 3. Вывод.

Ускорение бруска зависит от угла наклона направляющей. Чем больше угол наклона, тем больше ускорение бруска.

**Указание экспертам**

Расстояние измеряют по шкале направляющей с ценой деления 1мм, следовательно, абсолютная погрешность прямого измерения составляет  $\Delta S = \pm 1\text{мм}$ .

Время измеряют секундомером с дискретностью измерения 0,001с, следовательно, абсолютная погрешность измерения времени составляет  $\pm 0,001\text{с}$

Отсюда значения ускорений могут оказаться в интервалах, указанных в таблице.

Угол наклона $\alpha$ , град	Перемещение $S$ , м	Время $t$ , с	Ускорение $a$ , $\text{м}/\text{с}^2$
30	$0,25 \pm 0,001$	$0,451 \pm 0,001$	$2,46 \pm 0,05$
40	$0,25 \pm 0,001$	$0,319 \pm 0,001$	$4,91 \pm 0,15$
50	$0,25 \pm 0,001$	$0,259 \pm 0,001$	$7,45 \pm 0,23$

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

### 2.3.5. Исследование зависимости силы трения от рода соприкасающихся поверхностей

**Цель опыта:** установить, зависит ли сила трения скольжения от рода поверхностей соприкасающихся тел

**Задание.** Используя оборудование из набора №2 (деревянный брускок с крючком, груз массой 100 г (3 штуки), динамометр с пределом измерения 5 Н и направляющую), соберите экспериментальную установку для определения коэффициента трения скольжения между поверхностями бруска и направляющей.

**В бланке ответов:**

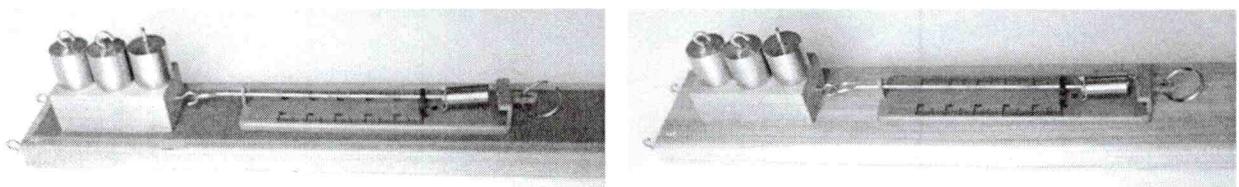
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите результаты измерения силы трения при скольжении бруска по поверхности «а» направляющей;
- запишите результаты измерения силы трения при скольжении бруска по поверхности «б» направляющей;
- запишите вывод о том, зависит ли сила трения скольжения от рода соприкасающихся поверхностей.

**Характеристика оборудования**

1.	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01\text{ Н}$ )
2.	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1\text{ Н}$ )
3.	Брускок с крючком ( $m = 50\text{ г}$ )
4.	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)
5.	Груз №1, №2, №3 ( $m = 100\text{ г каждый}$ )

**Порядок выполнения задания**

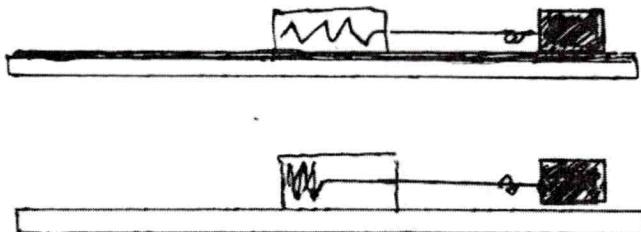
1. Соберите установку как показано на рисунке.



2. Положите вблизи одного из концов поверхности «А» направляющей брускок широкой гранью вниз, закрепите на нем три груза и прицепите к его крючку динамометр.
3. Потяните за динамометр так, чтобы брускок стал равномерно скользить вдоль направляющей. Измерьте динамометром с пределом 1Н значение силы трения скольжения бруска по поверхности «А» -  $F_A$
4. Запишите значение силы трения  $F_A$  с учетом абсолютной погрешности измерения, за которую примите цену деления шкалы динамометра.
5. Повторите опыт перемещая брускок по поверхности «Б». Измерьте динамометром с пределом 5Н значение силы трения -  $F_B$
6. Запишите значение силы трения  $F_B$  с учетом абсолютной погрешности измерения, за которую примите цену деления шкалы динамометра.
7. Сравните значения сил трения при скольжении бруска по поверхности «А» и «Б».
8. Сформулируйте и запишите вывод о том, зависит ли сила трения скольжения от рода соприкасающихся поверхностей.

#### **Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2.  $F_A = (0,63 \pm 0,005) \text{ Н}$
3.  $F_B = (2,3 \pm 0,05) \text{ Н}$
4.  $F_A \neq F_B$
5. Силы трения бруска о поверхности «А» и «Б» не равны, следовательно сила трения скольжения зависит от рода поверхностей соприкасающихся тел.

#### **Указание экспертам**

При определении коэффициента трения скольжения и веса бруска с грузами использовались динамометры с ценой деления 0,01Н и 0,1Н.

Следовательно абсолютная погрешность измерения силы трения  $F_A$  составит  $\Delta F = 0,005\text{Н}$ , а силы трения  $F_B = 0,05\text{Н}$ .

Вывод о том, что сила трения скольжения зависит от рода поверхностей соприкасающихся тел можно считать достоверным, если интервалы возможных значений сил трения, приведенные в отчете школьника, не перекрываются.

### 2.3.6. 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 оборудование из комплекта №2 (деревянный брускок, динамометр с пределом измерения 5 Н, грузы массой по 100 грамм и направляющую), соберите экспериментальную установку и измерьте силу трения при горизонтальном скольжении бруска по направляющей при разном количестве закрепленных на нем грузов.

**В бланке ответов:**

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

#### Характеристика оборудования

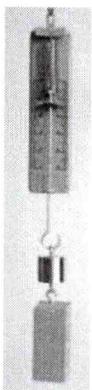
1	Брускок с крючком ( $m = 50$ г)
2	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1$ Н)
3	Груз №1, №2, №3 ( $m = 100$ г каждый)
3	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)

#### Порядок выполнения задания

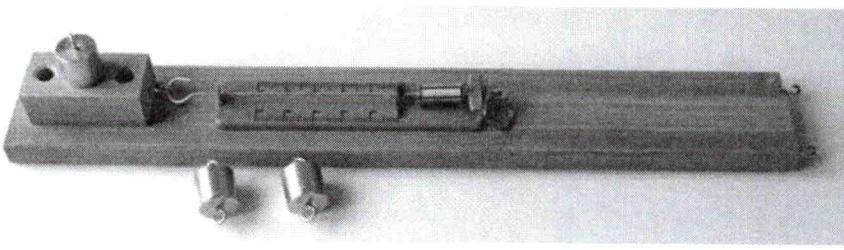
1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

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

2. Закрепите на бруске один груз.



3. Измерьте динамометром вес бруска с одним грузом как показано на рисунке.
4. Соберите установку как показано на рисунке.



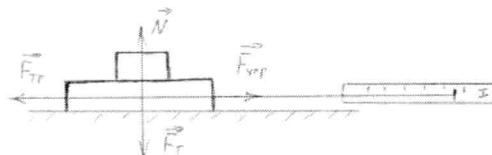
Положите брускок с закрепленным грузом на поверхность Б направляющей и прицепите к его крючку динамометр.

5. Измерьте силу трения бруска о направляющую равномерно перемещая его потянув за динамометр.

6. Повторите опыт дважды, прикрепляя к брускому поочередно два и три груза.
7. Сравните полученные значения сил трения, 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 $F_{tp}$ , Н
1	1,5	0,9
2	2,5	1,5
3	3,5	2,2

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 бруска с грузами и силы трения использовался динамометр с ценой деления 0,1Н.

Следовательно, абсолютные погрешности измерения веса и силы трения составят:  $\Delta P = \pm 0,05$  Н и  $\Delta F_{tp} = \pm 0,05$  Н.

Возможные значения измеряемых величин могут находиться в пределах:

№	Вес бруска с грузами Р, Н	Сила трения $F_{tp}$ , Н
1	$1,5 \pm 0,05$	$0,9 \pm 0,05$
2	$2,5 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,05$
3	$3,5 \pm 0,05$	$2,2 \pm 0,05$

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.

#### **2.3.7. Исследование зависимости 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 1.** Используя оборудование из комплекта №2 (динамометр с пределом 1 Н, брускок с крючком, два груза по 100 грамм и направляющую), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависит ли сила трения скольжения от площади соприкосновения бруска с направляющей.

**В бланке ответов:**

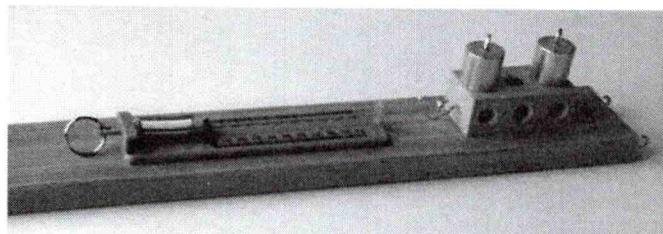
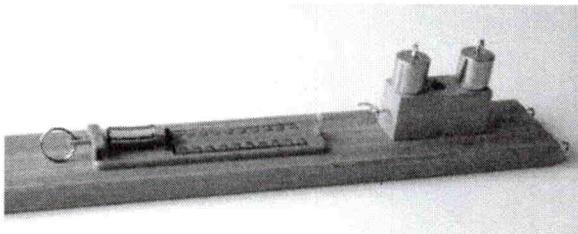
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите значение силы трения при скольжении бруска по направляющей широкой гранью;
- запишите значение силы трения при скольжении бруска по направляющей узкой гранью;
- запишите вывод о зависимости силы трения скольжения от площади соприкасающихся поверхностей.

**Характеристика оборудования**

1	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01$ Н)
2	Брусок с крючком ( $m = 50$ г)
3	Груз массой $100 \pm 2$ г (2 шт)
4	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.

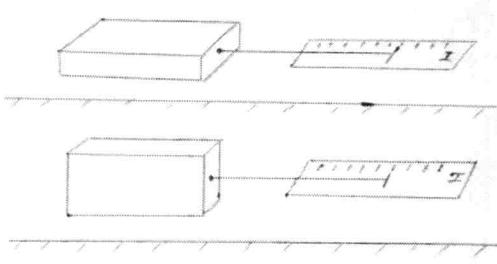


Положите на направляющую брусок широкой гранью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На брусок поместите три груза.

2. Сделайте рисунок экспериментальной установки.
3. Потяните за динамометр, удерживая его горизонтально, так, чтобы брусок равномерно скользил по направляющей. Измерьте силу трения при скольжении широкой грани бруска  $F_{\text{тр шир}}$ .
4. Положите брусок на направляющую узкой гранью и измерьте силу трения  $F_{\text{тр узк}}$ .
5. Сравните значения сил трения при скольжении бруска широкой и узкой поверхностями.
6. 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.  $F_{тр\ шир} = 0,49 \text{ Н}$
3.  $F_{тр\ узк} = 0,49 \text{ Н}$
4.  $F_{тр\ шир} = F_{тр\ узк}$
5. Вывод. Сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.

### Указание экспертам

При определении коэффициента трения скольжения использовался динамометр с ценой деления 0,01Н.

Следовательно абсолютная погрешность измерения силы трения составит  $\Delta F_{тр} = 0,005\text{Н}$ .

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

$$F_{тр\ шир} = (0,49 \pm 0,005) \text{ Н}$$

Значение силы трения скольжения узкой грани может находиться в пределах

$$F_{тр\ узк} = (0,49 \pm 0,005) \text{ Н}$$

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

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта №2 (динамометр с пределом 1 Н, бруск с крючком, три груза по 100 грамм и направляющую), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависит ли сила трения скольжения от площади соприкосновения бруска с направляющей.

### В бланке ответов:

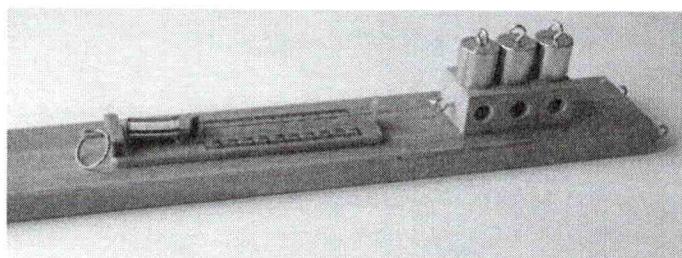
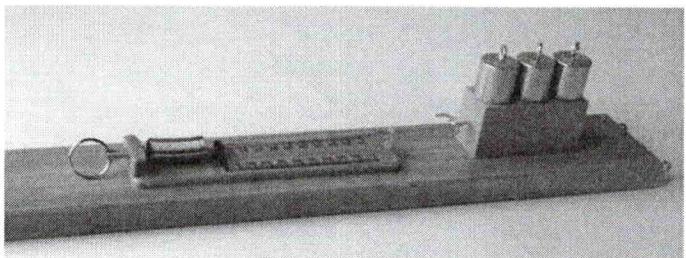
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- запишите значение силы трения при скольжении бруска по направляющей широкой гранью;
- запишите значение силы трения при скольжении бруска по направляющей узкой гранью;
- запишите вывод о зависимости силы трения скольжения от площади трущихся поверхностей.

### Характеристика оборудования

1	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01 \text{ Н}$ )
2	Бруск с крючком ( $m = 50 \text{ г}$ )
3	Груз массой $100 \pm 2 \text{ г}$ (3 шт)
4	Направляющая длиной 500 мм (с поверхностями А и Б с различными коэффициентами трения)

### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.

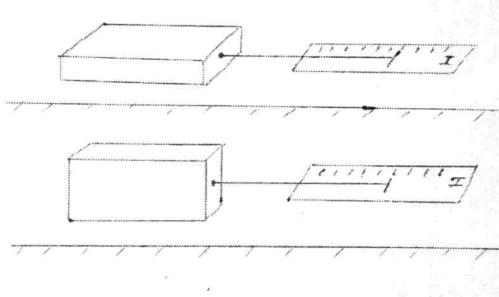


Положите на направляющую брускок широкой гранью вниз и прицепите к его крючку динамометр. На брускок поместите три груза.

2. Сделайте рисунок экспериментальной установки.
3. Потяните за динамометр, удерживая его горизонтально, так, чтобы брускок равномерно скользил по направляющей. Измерьте силу трения при скольжении широкой грани бруска  $F_{тр\ шир}$
4. Положите брускок на направляющую узкой гранью и измерьте силу трения  $F_{тр\ узк}$
5. Сравните значения сил трения при скольжении бруска широкой и узкой поверхностями.
6. 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.  $F_{тр\ шир} = 0,68 \text{ Н}$
3.  $F_{тр\ узк} = 0,68 \text{ Н}$
4.  $F_{тр\ шир} = F_{тр\ узк}$
5. Вывод. Сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.

#### **Указание экспертам**

При определении коэффициента трения скольжения использовался динамометр с ценой деления 0,1Н.

Следовательно абсолютная погрешность измерения силы трения составит  $\Delta F_{тр} = 0,005\text{Н}$ .

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

$$F_{тр\ шир} = (0,68 \pm 0,005) \text{ Н}$$

Значение силы трения скольжения узкой грани может находиться в пределах

$$F_{тр\ узк} = (0,68 \pm 0,005) \text{ Н}$$

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

### 2.3.8. Исследование зависимости силы упругости от степени деформации пружины

**Цель опыта:** определить как зависит сила упругости, возникающая при деформации тела от величины его деформации.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №2 (пружина 1, динамометр с пределом 5Н), соберите экспериментальную установку и исследуйте как изменяется сила упругости при растяжении пружины.

#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерений силы упругости возникающей в пружине при ее растяжении на 10, 20 и 30 мм;
- запишите вывод о зависимости силы упругости пружины от величины ее растяжения.

#### Характеристика оборудования

1	Пружина 1 (жёсткость 50 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$ мм)
2	Динамометр 5 Н ( $C = 0,1$ Н)

#### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке.



Сцепите крючки пружины, закрепленной на планшете, и динамометра. Установите их указатели на нулевые отметки.

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

№	X, мм	F, Н
1		
2		
3		

- Измерьте динамометром силу упругости F, возникающую в пружине при ее растяжении на X = 10 мм.
- Занесите в таблицу результаты измерения силы F и растяжения X.
- Повторите опыт дважды, растягивая поочередно пружину на 20 и 30 мм.
- Сравните значения сил упругости полученные при трех значениях растяжения пружины.
- Сформулируйте на основании полученных данных и запишите вывод о том как изменяется сила упругости при увеличении деформации пружины.

**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2.

№	X, мм	F, Н
1	10	0,5
2	20	1
3	30	1,5

3. Вывод. Сила упругости зависит от деформации тела. При увеличении деформации сила упругости увеличивается.

**Указание экспертом**

При измерении силы упругости используется динамометр с ценой деления 0,1 Н. Следовательно абсолютная погрешность в измерении силы составит:  $\Delta F = \pm 0,05$  Н.

При измерении растяжения пружины использовалась линейка с ценой деления 1 мм. Растяжение пружины определялось по разности координат ее конца до и после растяжения, каждая из которых определялась с точностью  $\pm 0,05$  мм. Следовательно, абсолютная погрешность значения растяжения пружины, определяемого по разности двух координат,  $\Delta X = \pm 1$  мм.

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

№	X, мм	F, Н
1	$10 \pm 1$	$0,5 \pm 0,05$
2	$20 \pm 1$	$1 \pm 0,05$
3	$30 \pm 1$	$1,5 \pm 0,05$

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

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

### 2.3.9. Исследование зависимости деформации пружины от приложенной силы

**Цель опыта:** определить зависимость растяжения пружины при ее продольной деформации от силы, которая эту деформацию вызывает.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №2 (планшет с пружиной №2, динамометр с пределом 1 Н), соберите экспериментальную установку и исследуйте как меняется растяжение пружины в зависимости от приложенной к ней силы.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;

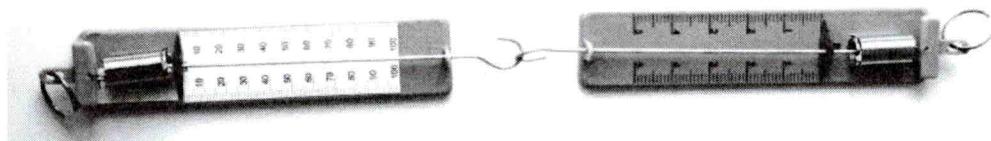
- укажите в виде таблицы результаты измерений растяжения пружины под действием силы в 0,3; 0,6 и 0,9 Н;
- сформулируйте вывод о зависимости растяжения пружины от приложенной силы.

### Характеристика оборудования

1.	Пружина 2 (жёсткость 10 Н/м) на планшете со шкалой 100 мм ( $C = 1$ мм)
2.	Динамометр 1 Н ( $C = 0,01$ Н)

### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.



Прикрепите к концу пружины динамометр.

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

№	F, Н	X, мм
1		
2		
3		

4. Удерживая одной рукой планшет, потяните другой рукой за динамометр так, чтобы он показал значение силы в 0,3Н
5. Измерьте по шкале планшета удлинение пружины X.
6. Повторите опыт дважды, действуя на пружину с силой в 0,6Н и 0,9Н.
7. 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.

№	F, Н	X, мм
1	0,3	32
2	0,6	61
3	0,9	91

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

### Указание экспертам

Для растяжения пружины используется динамометр с ценой деления 0,01 Н. Следовательно абсолютная погрешность в измерении силы составит:  $\Delta F = \pm 0,005$  Н.

Растяжение пружины измерялось по шкале планшета с ценой деления 1 мм, следовательно, абсолютная погрешность значения растяжения пружины  $\Delta X = \pm 0,5\text{мм}$ .

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

№	F, Н	X, мм
1	$0,3 \pm 0,005$	$32 \pm 0,5$
2	$0,6 \pm 0,005$	$61 \pm 0,5$
3	$0,9 \pm 0,005$	$91 \pm 0,5$

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

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

### 2.3.10. Исследование зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части тела

**Цель опыта:** установить зависимость выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, от объема погруженной части

**Задание1.** Используя оборудование из комплекта №1 (динамометр с пределом 1Н, пластиковый цилиндр и мерный цилиндр), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующую на цилиндр, от объема его части погруженной в воду.

#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите вес цилиндра в воздухе;
- укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра погруженного в воду на 1/4; 1/2; 3/4 и полностью;

Объем погруженной части	1/4 V	1/2 V	3/4V	V
Вес в жидкости Рж, Н				
Выталкивающая сила F, Н				

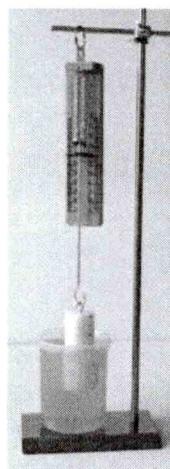
- укажите в таблице значение выталкивающей силы при погружении цилиндра на 1/4; 1/2; 3/4 и полностью;
- сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части цилиндра.

#### Характеристика оборудования

1. Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2\text{ мл}$ )
2. Динамометр 1 Н ( $C = 0,01\text{ Н}$ )
3. Цилиндр пластиковый № 3, $V = 56\text{см}^3$ , $m = 66\text{г}$ , со шкалой 80 мм ( $C = 1\text{ мм}$ )

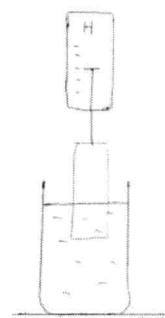
#### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке.
- Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе  $P_{возд}$ .
- Измерьте динамометром вес цилиндра  $P_{ж}$  при его погружении в воду на  $1/4$  объема;  $1/2$  объема;  $3/4$  объема и полностью. Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле  $F = P_{возд} - P_{ж}$ .
- Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от объема погруженной части цилиндра.



### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки



- $P_{возд} = 0,7 \text{ Н}$

- 3.

Объем погруженной части	$1/4 V$	$1/2 V$	$3/4 V$	$V$
Вес в жидкости $P_{ж}$ , Н	0,55	0,4	0,25	0,1
Выталкивающая сила $F$ , Н	0,15	0,3	0,45	0,6

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

### Указание экспертам

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

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта №1 (динамометр с пределом 1Н, алюминиевый цилиндр №4 и мерный цилиндр), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы, действующей на цилиндр, от объема его части погруженной в воду.

### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите вес цилиндра в воздухе;
- укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра погруженного в воду на  $1/4$ ;  $1/2$ ;  $3/4$  и полностью;

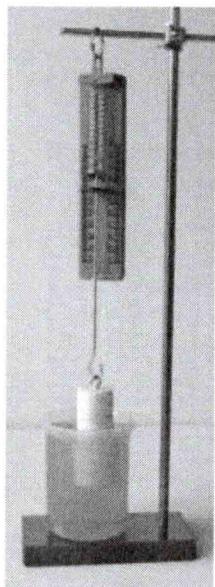
Объем погруженной части	1/4 V	1/2 V	3/4V	V
Вес в жидкости $P_{ж}$ , Н				
Выталкивающая сила F, Н				

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

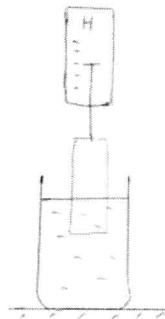
### Характеристика оборудования

1. Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2$ мл)
2. Динамометр 1 Н ( $C = 0,01$ Н)
3. Цилиндр пластиковый № 4, $V = 34 \text{ см}^3$ , $m = 95$ г, со шкалой 80 мм ( $C = 1$ мм)

### Порядок выполнения задания



- Соберите установку как показано на рисунке.
- Сделайте рисунок экспериментальной установки
- Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе  $P_{возд}$ .
- Измерьте динамометром вес цилиндра  $P_{ж}$  при его погружении в воду на 1/4 объема; 1/2 объема; 3/4 объема и полностью. Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле  $F = P_{возд} - P_{ж}$ .
- Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости



### Образец возможного выполнения задания

- Возможный вид рисунка установки

- $P_{возд} = 0,96\text{Н}$

- 3.

Объем погруженной части	1/4 V	1/2 V	3/4V	V
Вес в жидкости $P_{ж}$ , Н	0,87	0,78	0,69	0,6
Выталкивающая сила $F$ , Н	0,09	0,18	0,27	0,36

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

### Указание экспертам

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

#### 2.3.11. Исследование зависимости выталкивающей силы от массы погруженного тела

**Цель опыта:** экспериментально доказать справедливость утверждения о том, что выталкивающая сила, действующая на погруженное в жидкость тело, не зависит от массы этого тела.

**Задание.** Используя оборудование из набора №1 (динамометр с пределом 5Н, стальной и алюминиевый цилиндры равного объема и стакан с водой), соберите экспериментальную установку и определите выталкивающие силы, действующие на стальной и алюминиевый цилиндры в воде.

#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерений веса цилиндров в воздухе и в воде;
- укажите в таблице значения выталкивающих сил действующих на цилиндры при их полном погружении в воду;
- сформулируйте и запишите вывод о зависимости или независимости выталкивающей силы от массы погруженного тела.

#### Характеристика оборудования

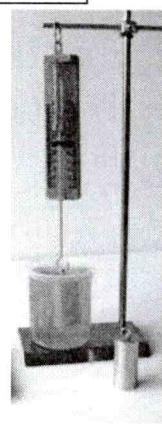
1.	Динамометр №2 предел 5Н (С=0,1Н)
2.	Стакан лабораторный полиэтиленовый 250мл
3.	Стальной цилиндр №1, V = 25см <sup>3</sup> , m=195 г
4.	Алюминиевый цилиндр №2, V=25см <sup>3</sup> , m = 70 г

#### Порядок выполнения задания

- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

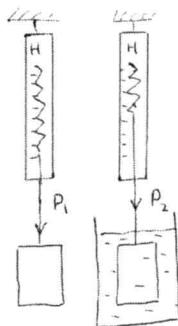
	Стальной цилиндр m= 195 г; V=25см <sup>3</sup> ,	Алюминиевый цилиндр m=70 г; V=25см <sup>3</sup>
P <sub>возд</sub> , Н		
P <sub>в</sub> , Н		
F <sub>выт</sub> , Н		

- Соберите установку как показано на рисунке.
- Измерьте и запишите вес цилиндров в воздухе P<sub>возд</sub>;
- Погрузите поочередно цилиндры полностью в воду, налитую в стакан. Измерьте и запишите вес цилиндров в воде P<sub>в</sub>;
- Вычислите значение выталкивающей силы по формуле: F<sub>выт</sub> = P<sub>возд</sub> - P<sub>в</sub>.
- Сравните полученные значения выталкивающих сил, сформулируйте и запишите вывод о их зависимости или независимости от массы погруженного цилиндра.



**Образец возможного выполнения задания**

## 1. Возможный вид рисунка установки



2.

	Стальной цилиндр $m=195 \text{ г}; V=25\text{см}^3,$	алюминиевый цилиндр $m=70 \text{ г}; V=25\text{см}^3$
$P_{\text{возд}}, \text{Н}$	1,95	0,7
$P_{\text{в}}, \text{Н}$	1,7	1,45
$F_{\text{выт}}, \text{Н}$	0,25	0,25

3. Выталкивающие силы действующие на цилиндры одинаковых объемов с массами 195 г и 70 грамм оказались равны. Следовательно выталкивающая сила не зависит от массы погруженного в жидкость тела.

**Указание экспертам**

Для измерения веса используется динамометр с ценой деления 0,1Н. Следовательно, абсолютная погрешность измерения веса составит  $\Delta P = \pm 0,05\text{Н}$ .

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

Возможные значения измеряемых величин могут находиться в пределах:

	Стальной цилиндр $m=156 \text{ г}; V=20\text{см}^3,$	Алюминиевый цилиндр $m=170 \text{ г}; V=20\text{см}^3$
$P_{\text{возд}}, \text{Н}$	$1,95 \pm 0,05$	$0,7 \pm 0,05$
$P_{\text{в}}, \text{Н}$	$1,75 \pm 0,05$	$1,45 \pm 0,05$
$F_{\text{выт}}, \text{Н}$	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$

Поскольку интервалы возможных значений выталкивающих сил перекрываются, можно утверждать, что они равны и сделанный вывод справедлив.

### 2.3.12. Исследование зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости

**Цель опыта:** установить зависимость выталкивающей силы, действующей на погруженное в жидкость тело, от плотности жидкости

**Задание1.** Используя оборудование из комплекта №1 (динамометр с пределом 1Н, цилиндр №4, весы, мерный цилиндр, стакан, флякон с поваренной солью), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость выталкивающей силы,

действующую на цилиндр при погружении в раствор поваренной соли в воде, от плотности раствора.

#### В бланке ответов:

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите вес цилиндра в воздухе;
- укажите в виде таблицы результаты измерения веса цилиндра погруженного в пресную воду и растворы поваренной соли плотностью  $1,1\text{г}/\text{см}^3$  и  $1,2\text{г}/\text{см}^3$ ;
- укажите в таблице значение выталкивающей силы при погружении цилиндра в пресную воду и растворы поваренной соли плотностью  $1,1\text{г}/\text{см}^3$  и  $1,2\text{г}/\text{см}^3$ ;

Плотность жидкости	$1\text{ г}/\text{см}^3$	$1,1\text{г}/\text{см}^3$	$1,2\text{г}/\text{см}^3$
Вес в жидкости $P_{ж}$ , Н			
Выталкивающая сила $F$ , Н			

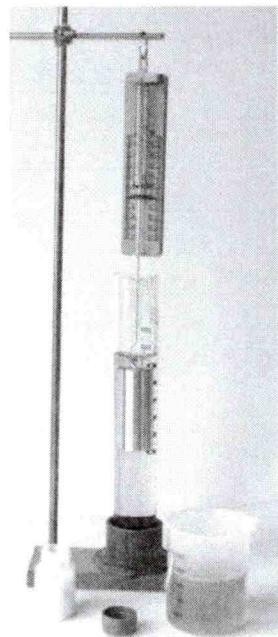
- сформулируйте вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости.

#### Характеристика оборудования

1.	Весы электронные (предел измерения 200 г)
2.	Цилиндр мерный на подставке 250мл ( $C=2$ мл)
3.	Стакан лабораторный полипропиленовый 250 мл
4.	Динамометр 1 Н ( $C = 0,02$ Н)
5.	Флакон с поваренной солью 40 г
6.	Ложка для перемешивания
7.	Цилиндр алюминиевый № 4, $V = 34\text{ см}^3$ , $m = 95$ г, со шкалой 80 мм ( $C = 1$ мм)
8.	Нить суровая – длина 1м

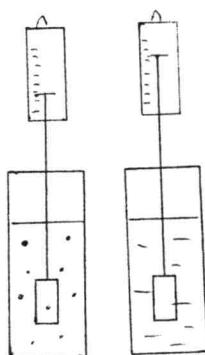
#### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке.
- Сделайте рисунок экспериментальной установки
- Подвесьте к динамометру цилиндр используя нить длиной 10-15 см.
- Измерьте динамометром вес цилиндра в воздухе  $P_{возд.}$
- Налейте в мерный цилиндр 150 мл воды
- Погрузите полностью цилиндр в воду, налитую в мерный цилиндр, и измерьте его вес в жидкости  $P_{ж}$
- Отмерьте с помощью весов и стакана, используя функцию исключения массы тары, 13 г поваренной соли. После этого перелейте воду из мерного цилиндра в стакан и помешивая ложкой добейтесь полного растворения соли. (При этом плотность раствора соли составит около  $1,1\text{ г}/\text{см}^3$ ). Затем перелейте полученный солевой раствор из стакана в мерный цилиндр.
- Измерьте вес цилиндра в солевом растворе.
- Повторите опыт, увеличив плотность раствора до  $1,2\text{ г}/\text{см}^3$ .
- Вычислите значение выталкивающей силы при каждом погружении цилиндра по формуле  $F = P_{возд} - P_{ж}$ .
- Сделайте и запишите вывод о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости



**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2.  $P_{\text{возд}} = 0,95H$

- 3.

Плотность жидкости	1 г/см <sup>3</sup>	1,1 г/см <sup>3</sup>	1,2 г/см <sup>3</sup>
Вес в жидкости $P_{\text{ж}}$ , Н	0,61	0,58	0,51
Выталкивающая сила $F$ , Н	0,34	0,37	0,44

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

**Указание экспертом**

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

**2.3.13. Исследование зависимости массы вещества от объема**

**Цель опыта:** установить зависимость массы однородных тел от их объемов.

**Задание 1.** Используя электронные весы и оборудование из набора №1 (мерный цилиндр с водой и стакан), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость массы воды от ее объема.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки для измерения массы воды в стакане;
- укажите в виде таблицы результаты измерения массы воды взятой в объеме 20 мл; 40 мл; 60 мл и 80 мл;
- сформулируйте вывод о зависимости массы вещества от его объема.

**Характеристика оборудования**

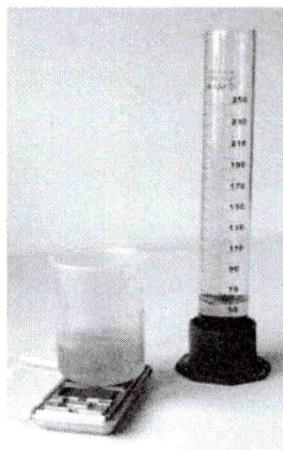
1.	Весы электронные (предел измерения 200 г)
2.	Цилиндр мерный на подставке 250мл (C=2 мл)
3.	Стакан лабораторный полипропиленовый 250 мл

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.

Установите на весах стакан и тарируйте их, исключив из показаний значение массы стакана.

2. Перелейте в стакан из мерного цилиндра 20 мл воды и измерьте ее массу т.



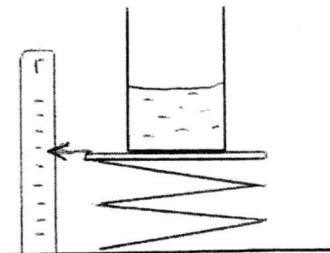
3. Повторите опыт и измерьте поочередно массу 40 мл, 60 мл и 80 мл воды.
4. Данные измерений занесите в таблицу:

$V_1$ , мл	20	40	60	80
m, г				

5. Сформулируйте на основании полученных данных вывод о зависимости массы тела от его объема

#### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Результаты измерений массы и объемов:

$V_1$ , мл	20	40	60	80
m, г	20	40	60	80

3. Вывод. Масса однородных тел, изготовленных из одного вещества, увеличивается с увеличением их объема.

#### Указание экспертам

При измерении массы тел используются электронные весы с точностью до 0,01 г и мерный цилиндр с ценой деления 2 мл.

Следовательно значения измеренных величин могут находиться в этих же пределах:

$V_1$ , мл	20	40	60	80
m, г	$20 \pm 0,01$	$40 \pm 0,01$	$60 \pm 0,01$	$80 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений масс не перекрываются, можно утверждать что для разного объема воды они действительно отличаются и сделанный вывод справедлив

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

**Задание 2.** Используя электронные весы и оборудование из набора №1 (мерный цилиндр с водой и стакан), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость массы воды от ее объема.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки для измерения массы воды в стакане;
- укажите в виде таблицы результаты измерения массы воды взятой в объеме 15 мл; 35 мл; 55 мл и 75 мл;
- сформулируйте вывод о зависимости массы вещества от его объема.

**Характеристика оборудования**

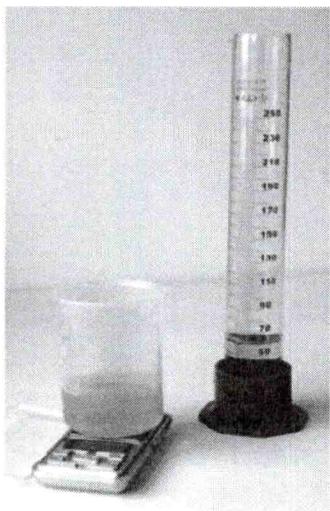
1.	Весы электронные (предел измерения 200 г)
2.	Цилиндр мерный на подставке 250мл (С=2 мл)
3.	Стакан лабораторный полипропиленовый 250 мл

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке.

Установите на весах стакан и тарируйте их, исключив из показаний значение массы стакана.

2. Перелейте в стакан из мерного цилиндра 15 мл воды и измерьте ее массу  $m$ .
3. Повторите опыт и измерьте поочередно массу 35 мл, 55 мл и 75 мл воды.



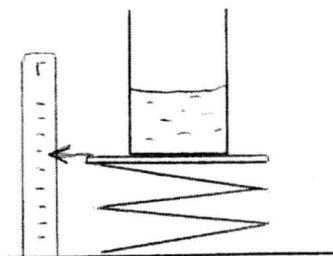
Данные измерений занесите в таблицу:

$V_1$ , мл	15	35	55	75
$m$ , г				

4. Сформулируйте на основании полученных данных вывод о зависимости массы тела от его объема

**Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки
2. Результаты измерений массы и объемов:



$V_1$ , мл	15	35	55	75
$m$ , г	15	35	55	75

3. Вывод. Масса однородных тел, изготовленных из одного вещества, увеличивается с увеличением их объема.

**Указание экспертам**

При измерении массы тел используются электронные весы с точностью до 0,01 г.

Следовательно значения измеренных величин могут находиться в этих же пределах:

$V_1$ , мл	15	35	55	75
$m$ , г	$15 \pm 0,01$	$35 \pm 0,01$	$55 \pm 0,01$	$75 \pm 0,01$

Поскольку интервалы возможных значений масс не перекрываются, можно утверждать что для разного объема воды они действительно отличаются и сделанный вывод справедлив

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

**2.3.14. Проверка условия равновесия рычага**

**Цель опыта** экспериментально проверить справедливость утверждения о том, что рычаг находится в равновесии тогда, когда отношение сил, действующих на него по разные стороны от оси вращения, обратно пропорционально отношению плеч этих сил.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №6 (рычаг с креплениями для грузов, грузы массой по 100 грамм, линейку и детали штатива), соберите экспериментальную установку и измерьте плечи сил, действующих на рычаг со стороны подвешенных к нему по обе стороны от оси вращения грузов при которых он находится в равновесии.

**В бланке ответов:**

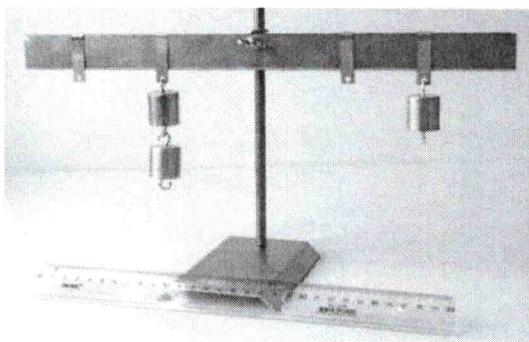
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы значения сил действующих на рычаг со стороны подвешенных по обе стороны от его оси грузов и результаты измерения расстояний от оси рычага до грузов при его равновесии;
- укажите значения отношений приложенных сил и их плеч, при которых рычаг находился в равновесии;
- запишите вывод о условии равновесия рычага.

**Характеристика оборудования**

1	Основание штатива
2	Муфта штатива
3	Лапка штатива
4	Ключ М6
5	Стержень штатива Ø8x380 мм с гайкой
6	Рычаг с креплениями для грузов
7	Груз $m = 100$ г 3 штуки
8	Линейка (длина 300 мм)

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке



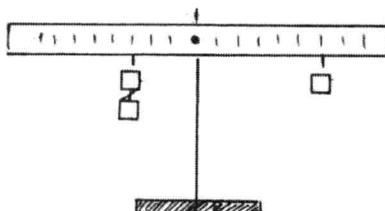
2. Подготовьте таблицу для записи результатов опытов.

№ опыта	Сила слева от оси $F_1$ , Н	Сила справа от оси $F_2$ , Н	Плечо $L_1$ , м	Плечо $L_2$ , м	$F_1 / F_2$	$L_2 / L_1$
1						
2						
3						

3. Уравновесьте рычаг.
4. Прикрепите к рычагу один груз слева от оси и два груса справа. Перемещая грузы вдоль рычага, добейтесь его равновесия.
5. Запишите данные и измеренные величины в таблицу, считая что каждый груз весит 1 Н.
6. Повторите опыт, подвесив по обе стороны от оси по одному грузу.
7. Повторите опыт, подвесив слева от оси два груса, а справа - один.
8. Вычислите для каждого опыта значение отношений  $F_1 / F_2$  и  $L_2 / L_1$
9. Сформулируйте и запишите вывод о том при каком соотношении сил и их плеч рычаг находится в равновесии.

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Схема экспериментальной установки



2.

№ опыта	Сила слева от оси $F_1$ , Н	Сила справа от оси $F_2$ , Н	Плечо $L_1$ , м	Плечо $L_2$ , м	$F_1 / F_2$	$L_2 / L_1$
1	1	2	0,16	0,08	0,5	0,5
2	1	1	0,1	0,1	1	1
3	2	1	0,07	0,14	2	2

3. Вывод. Рычаг находится в равновесии когда отношение приложенных к нему сил обратно пропорционально их плечам.

#### Указание экспертом.

Поскольку задание не предполагает записи результатов измерений с учетом их погрешностей, достаточным является верный вывод о равновесии рычага при равенстве отношений сил, приложенных к нему, и их плеч.

#### 2.3.15. Исследование зависимости периода колебаний груза на нити от длины нити

**Цель опыта:** экспериментально доказать и исследовать зависимость периода колебаний нитяного маятника от его длины.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта №5 (детали штатива, груз массой 100 грамм, нить, ленту мерную и секундомер), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость периода свободных колебаний нитяного маятника от его длины.

#### В бланке ответов:

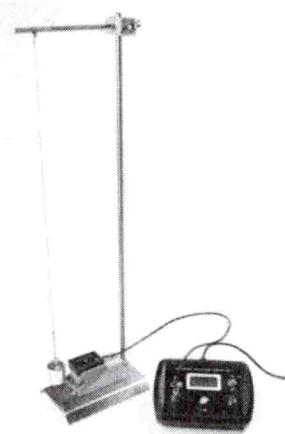
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерения полупериодов колебаний маятников длиной 50; 40 и 30 см;
- запишите значения периодов колебаний трех маятников;
- сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса.

#### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
8	Стержень Ø6x160 мм
9	Груз ( $m = 100$ г)
10	Брусок ( $m = 50$ г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
11	Лента измерительная (длина 150 см)
12	Нить суровая – длина 1м

**Порядок выполнения задания**

- Соберите установку как показано на рисунке.



Отрегулируйте длину нити так, чтобы расстояние от точки подвеса до центра груза составило 30 см.

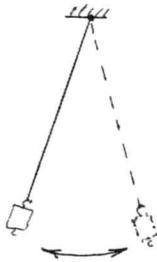
- Сделайте рисунок экспериментальной установки.
- Подготовьте таблицу для записи результатов измерения и вычислений:

Длина маятника L, м	0,3	0,4	0,5
Половина периода $t$ , с			
Период колебания $T$ , с			

- Измерьте секундомером половину периода колебаний маятника с длиной подвеса 30 см.
- Повторите опыт с маятниками длиной 40 и 50 см.
- Вычислите периоды колебаний маятников по формуле:  $T = 2t$ .
- Сформулируйте на основании полученных данных и запишите вывод о зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса.

**Образец возможного выполнения задания**

- Возможный вид рисунка установки



- Результаты измерений и вычислений

Длина маятника L, м	0,3	0,4	0,5
Половина периода $t$ , с	0,55	0,634	0,704
Период колебания $T$ , с	1,1	1,268	1,408

- Вывод. Период колебаний нитяного маятника зависит от его длины. Чем больше длина маятника, тем больше его период.

**Указание экспертам**

Погрешность измерения времени электронным секундомером составляет 0,001 с.

Следовательно значения периодов маятников могут находиться в пределах:

Длина маятника L, м	0,3	0,4	0,5
Период колебания T, с	$1,1 \pm 0,001$	$1,268 \pm 0,001$	$1,408 \pm 0,001$

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 длиной его подвеса не является обязательным.

**Задание 2.** Используя оборудование из комплекта №5 (детали штатива, груз массой 100 грамм, нить, ленту мерную и секундомер), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость периода свободных колебаний нитяного маятника от его длины.

#### В бланке ответов:

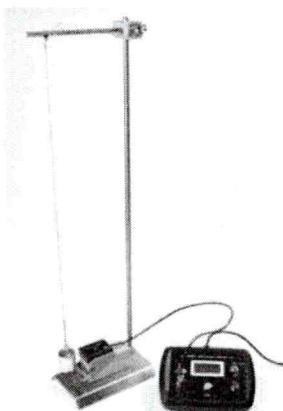
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерения времени 30 полных колебаний маятников длиной 50; 25 и 15 см;
- запишите значения периодов колебаний трех маятников;
- сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от длины подвеса.

#### Характеристика оборудования

1	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
8	Стержень Ø6x160 мм
9	Груз (m = 100 г)
10	Бруск (m = 50 г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
11	Лента измерительная (длина 150 см)
12	Нить суровая – длина 1м

#### Порядок выполнения задания

1. оберите установку как показано на рисунке.



Отрегулируйте длину нити так, чтобы расстояние от точки подвеса до центра груза составило 15 см.

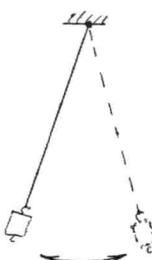
2. Сделайте рисунок экспериментальной установки.
3. Подготовьте таблицу для записи результатов измерения и вычислений:

Длина маятника L, м	0,15	0,25	0,5
Половина периода t, с			
Период колебания T, с			

4. Измерьте секундомером половину периода колебаний маятника с длиной подвеса 15 см. 5. Повторите опыт с маятниками длиной 25 и 50 см.
5. Вычислите периоды колебаний маятников по формуле:  $T = 2t$ .
6. 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 L, м	0,15	0,25	0,5
Половина периода t, с	0,39	0,5	0,704
Период колебания T, с	0,78	1	1,408

3. Вывод. Период колебаний нитяного маятника зависит от его длины. Чем больше длина маятника, тем больше его период.

### Указание экспертам

Погрешность измерения времени электронным секундомером составляет 0,001 с. Следовательно значения периодов маятников могут находиться в пределах:

Длина маятника L, м	0,15	0,25	0,5
Период колебания T, с	$0,78 \pm 0,001$	$1 \pm 0,001$	$1,408 \pm 0,001$

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 длиной его подвеса не является обязательным.

### 2.3.16. Исследование зависимости периода колебаний груза на пружине от массы

**Цель опыта:** установить зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы груза

**Задание.** Используя оборудование из комплекта № 5, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от массы его груза.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерений периодов маятников с массами грузов 0,1 кг; 0,2 кг и 0,3 кг в виде таблицы;

Масса груза маятника, кг	0,1	0,2	0,3
Период колебаний, с			

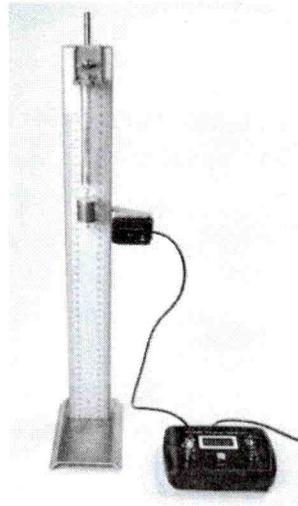
- сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от массы груза.

**Характеристика оборудования**

1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива Ø8x550 мм с гайкой
8	Стержень Ø6x160 мм
9	Узел крепления направляющей
10	Узел крепления пружины
11	Пружина 2 (жёсткость 20 Н/м) – обозначено синей полосой
12	Груз ( $m = 100$ г)
13	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)

**Порядок выполнения задания**

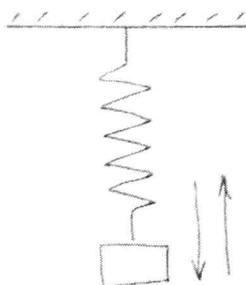
1. Соберите установку как показано на рисунке.



2. Измерьте секундомером период колебаний бруска с прикрепленным к нему грузом массой 100 грамм.
3. Повторите опыт с грузами в 200 г и 300 г.
4. На основании полученных данных сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от массы его груза.

**Образец возможного выполнения задания**

## 1. Возможный вид рисунка установки



2.

Масса груза маятника, г	100	200	300
Период колебаний, с	0,419	0,626	0,732

3. Вывод. Период пружинного маятника зависит от массы его груза. При увеличении массы груза период маятника увеличивается.

**Указание эксперту**

Погрешность измерения времени электронным секундомером составляет 0,001с.

Следовательно значения периодов маятников могут находиться в пределах:

Масса груза маятника, г	100	200	300
Период колебаний, с	$0,419 \pm 0,001$	$0,626 \pm 0,001$	$0,732 \pm 0,001$

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

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

### 2.3.17. Исследование зависимости периода колебаний груза на пружине от ее жесткости

**Цель опыта:** определить как зависит период колебаний пружинного маятника от жесткости пружины сравнив периоды колебаний двух маятников с пружинами различной жесткости.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта № 5, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний пружинного маятника от жесткости его пружины.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты периодов колебаний маятников с пружинами жесткостью 20 Н/м и 50 Н/м;

Жесткость пружины, Н/м	20	50
Период колебаний, с		

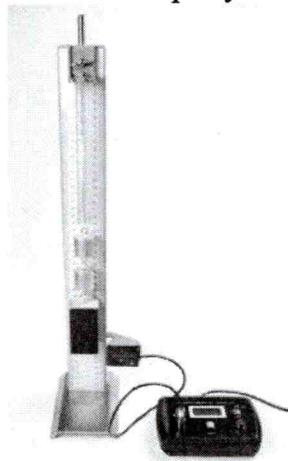
- сформулируйте вывод о зависимости периода колебаний маятника от жесткости пружины.

**Характеристика оборудования**

1.	Секундомер электронный с инфракрасными датчиками
2	Мобильный аккумулятор
3	Зарядное устройство (располагается вне ложемента)
4	Основание штатива
5	Муфта штатива
6	Рожковый ключ S10
7	Стержень штатива $\varnothing 8 \times 550$ мм с гайкой
8	Стержень $\varnothing 6 \times 160$ мм
9	Узел крепления направляющей
10	Узел крепления пружины
11	Пружина 1 (жёсткость 50 Н/м) – обозначено красной полосой
12	Пружина 2 (жёсткость 20 Н/м) – обозначено синей полосой
13	Груз ( $m = 100$ г)
14	Бруск ( $m = 50$ г) (одна из поверхностей имеет отличный от других коэффициент трения скольжения)
15	Направляющая длиной 500 мм (со шкалой 500 мм)

**Порядок выполнения задания**

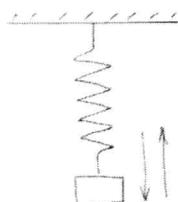
1. Соберите установку как показано на рисунке.



2. Измерьте секундомером период колебаний маятника с пружиной жесткостью 20 Н/м (с синей полосой) с прикрепленными к ней бруском и двумя грузами массой по 100 грамм.
3. Повторите опыт с пружиной жесткостью 50 Н/м.
4. 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.

Жесткость пружины, Н/м	20	50
Период колебаний, с	0,704	0,458

3. Вывод. При увеличении жесткости пружины маятника период его колебаний уменьшается.

#### Указание экспертам

Погрешность измерения времени электронным секундомером составляет 0,001 с. Следовательно значения периодов маятников могут находиться в пределах:

Жесткость пружины, Н/м	20	50
Период колебаний, с	$0,704 \pm 0,001$	$0,458 \pm 0,001$

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

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

#### 2.3.18. Исследование изменения температуры воды при различных условиях

**Цель опыта:** сравнить изменения температуры одинакового количества воды за одинаковое время при остывании в металлическом стакане внутри калориметра и вне его.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №7 (калориметр, термометр стеклянный, цилиндр мерный), соберите экспериментальную установку и определите на сколько градусов изменится за одинаковое время температура теплой воды налитой в металлический стакан, когда он помещен в калориметр и находится вне его.

#### В бланке ответов:

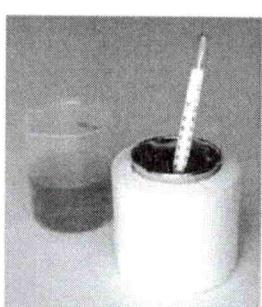
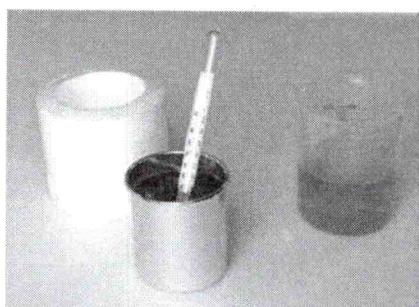
- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите в виде таблицы результаты измерений температуры воды в начале опыта, и спустя 3 минуты после начала опыта, когда стакан с водой находился внутри калориметра и вне его;
- сформулируйте вывод о зависимости изменения температуры воды при охлаждении от условий проведения опыта.

#### Характеристика оборудования

1	Калориметр
2	Термометр стеклянный (100 °C)
3	Цилиндр мерный на подставке 250мл (C=2 мл)
4	Секундомер

#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку как показано на рисунке.



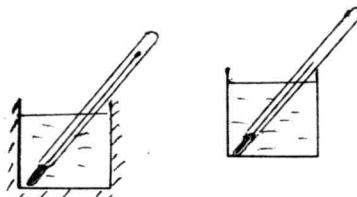
2. Отмерьте мерным цилиндром 100 мл теплой воды влейте ее в стакан калориметра.
3. Измерьте термометром температуру воды в калориметре  $T_1$  и включите секундомер.
4. Измерьте температуру воды в калориметре  $T_2$  через 3 минуты после начала опыта.
5. Извлеките стакан из калориметра и повторите опыт.
6. Вычислите изменение температуры воды  $\Delta T$  в первом и втором опыте.
7. Данные измерений занесите в таблицу:

Условия опыта	$T_1, {}^\circ\text{C}$	$T_2, {}^\circ\text{C}$	$\Delta T, {}^\circ\text{C}$
Стакан с водой в калориметре			
Стакан с водой вне калориметра			

8. Сформулируйте на основе полученных данных вывод о зависимости от времени изменения температуры при разных условиях проведения опыта.

#### Образец возможного выполнения задания

1. Возможный вид рисунка установки



2. Результаты измерений температуры:

Условия опыта	$T_1, {}^\circ\text{C}$	$T_2, {}^\circ\text{C}$	$\Delta T, {}^\circ\text{C}$
Стакан с водой в калориметре	70	66	4
Стакан с водой вне калориметра	70	61	9

3. Вывод. Температура воды в стакане находящимся внутри калориметра изменяется со временем на меньшее число градусов, чем в стакане вне его.

#### Указание экспертом

Ответ оценивается на качественном уровне. Верным считать вывод о том, что температура воды в стакане внутри калориметра изменяется со временем меньше, чем в стакане вне калориметра.

#### 2.3.19. 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 оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5В; вольтметр; амперметр; резистор R1; реостат; ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость силы тока через резистор от приложенного к нему напряжения.

**В бланке ответов:**

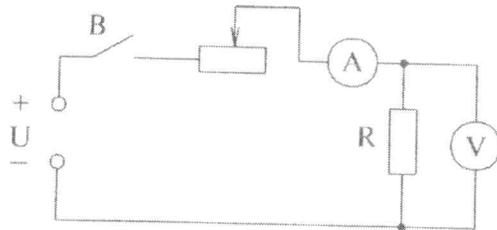
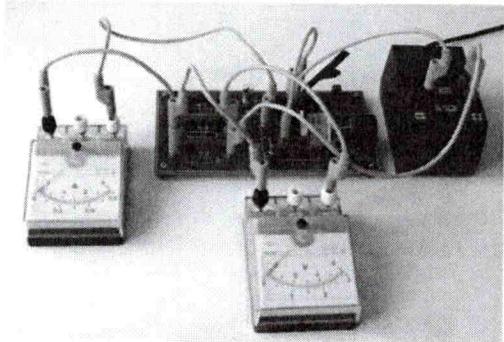
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока в резисторе при напряжении на его концах в 2В; 3В и 4В;
- сформулируйте вывод о зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.

**Характеристика оборудования**

1.	Источник питания постоянного тока 4,5В
2.	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
3.	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
4.	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10$ Ом; - резистор $R_1=4,7$ Ом - резистор $R_2=5,7$ Ом - резистор $R_3 = 8,2$ Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) ключ электрической цепи
5.	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



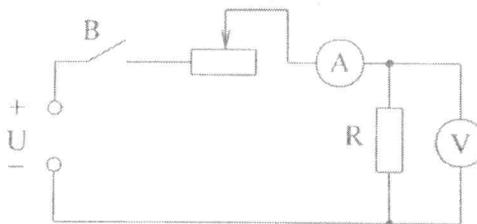
2. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	2	
2	3	
3	4	

3. Измерьте силу тока в резисторе R1 при напряжении на его концах в 2В; 3В и 4В. Напряжение на резисторе регулируйте реостатом.
4. 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	2	0,5
2	3	0,7
3	4	0,9

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 оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5 В; вольтметр, амперметр; резистор R3; реостат; ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость силы тока через резистор от приложенного к нему напряжения.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока в резисторе R3 при напряжении на его концах в 2В; 3В и 4В;
- сформулируйте вывод о зависимости силы тока в резисторе от напряжения на его концах.

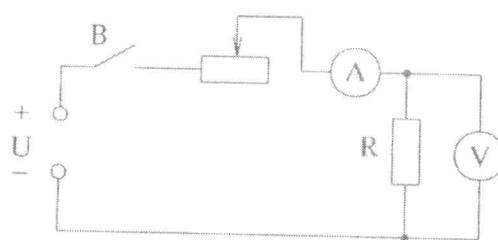
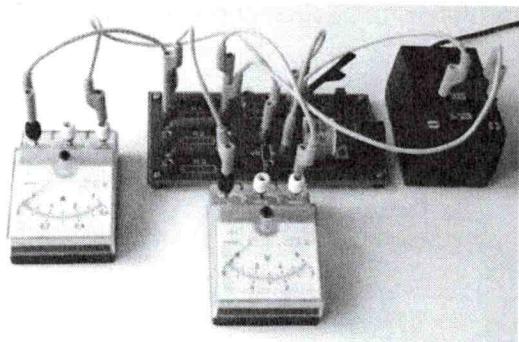
**Характеристика оборудования**

1.	Источник питания постоянного тока 4,5В
2.	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
3.	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
4.	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10$ Ом; - резистор $R1=4,7$ Ом - резистор $R2=5,7$ Ом - резистор $R3 = 8,2$ Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) ключ электрической цепи

**5. Соединительные провода**

**Порядок выполнения задания**

- Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



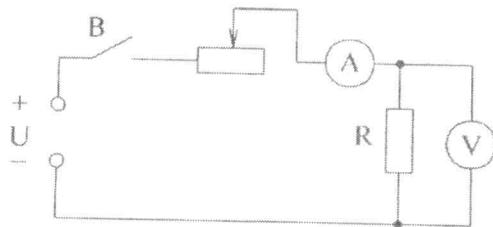
- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	2	
2	3	
3	4	

- Измерьте силу тока в резисторе при напряжении на его концах в 2 В; 3 В и 4 В. Напряжение на резисторе регулируйте реостатом.
- Сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения между его концами.

**Образец возможного выполнения задания.**

- Схема экспериментальной установки



- Результаты измерений:

№	Напряжение, В	Сила тока, А
1	2	0,3
2	3	0,4
3	4	0,5

- Вывод. Сила тока в резисторе увеличивается при увеличения 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.

### 2.3.20. Исследование зависимости сопротивления от длины проводника

**Цель опыта:** экспериментально установить зависит ли сопротивление металлического провода от его длины

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5 В; вольтметр, амперметр, набор проволочных резисторов на подставке, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость сопротивления стального проволочного резистора от его длины.

**В бланке ответов:**

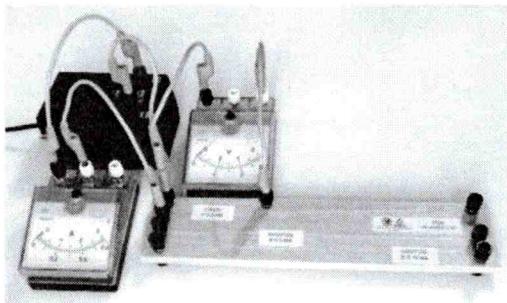
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока в стальном проволочном резисторе и напряжения на его участках длиной 9, 18 и 27 см;
- запишите формулу для определения сопротивления проводника по значениям силы тока и приложенного напряжения;
- сформулируйте вывод о зависимости сопротивления проволочного проводника от его длины.
- 

**Характеристика оборудования**

1.	Источник питания постоянного тока 4,5В
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (C=0,1 В); 0 – 6 В (C=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (C=0,02 А); 0 – 3 А (C=0,1 А)
4	Набор проволочных резисторов на подставке
5	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку как показано на рисунке



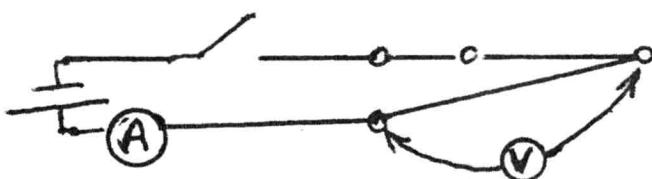
2. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Длина проводника, см	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом
1	9			
2	18			
3	27			

3. Измерьте силу тока в проводнике и напряжение на его участках длиной 9, 18 и 27 см.
4. Вычислите для каждого участка сопротивление провода.
5. Сформулируйте и запишите вывод о зависимости сопротивления провода от его длины.

**Образец возможного выполнения задания.**

## 1. Схема экспериментальной установки



## 2. Результаты измерений:

№	Длина проводника, см	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом
1	9	0,45	0,5	0,9
2	18	0,85	0,5	1,7
3	27	1,3	0,5	2,6

3.  $R = U/I$

4. Вывод. Чем больше длина проводника, тем больше его сопротивление.

**Указание экспертам.**

Поскольку задание не предполагает установления вида функциональной зависимости сопротивления проводника от длины, достаточным является верный вывод о качественной зависимости его сопротивления от длины.

**2.3.21. Исследование зависимости сопротивления от площади поперечного сечения проводника**

**Цель опыта:** экспериментально установить зависит ли сопротивление металлического провода от его поперечного сечения.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5 В; вольтметр, амперметр, набор проволочных резисторов на подставке, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость сопротивления стального проволочного резистора от поперечного сечения.

**В бланке ответов:**

- Сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- Представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока и напряжения в нихромовых проводниках диаметром 0,15, 0,3 мм и этих же проводниках соединенных параллельно.
- Запишите формулу для определения сопротивления проводника по значениям силы тока и приложенного напряжения.
- Сформулируйте вывод о зависимости сопротивления проволочного проводника от его поперечного сечения.

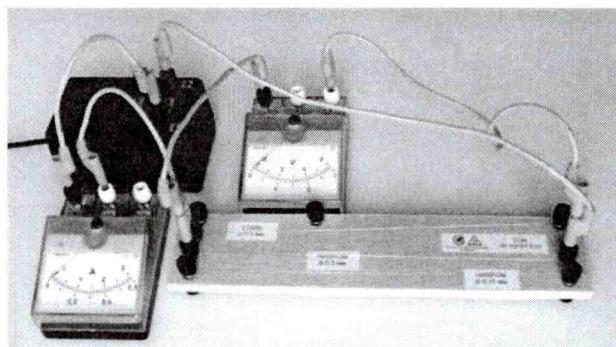
**Характеристика оборудования**

1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
4	Набор проволочных резисторов на подставке
5	Ключ

## 6 Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

- Соберите установку как показано на рисунке



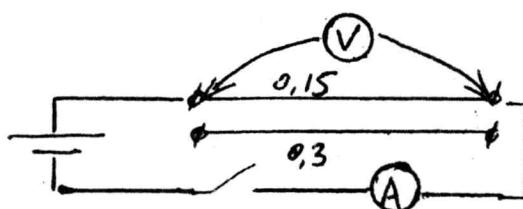
- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Диаметр проводника, мм	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом
1	0,15			
2	0,3			
3	0,15 + 0,3			

- Измерьте силу тока и напряжение в нихромовых проводниках диаметром 0,15, 0,3мм и этих же проводниках соединенных параллельно (0,15мм + 0,3мм).
- Вычислите для каждого опыта сопротивление провода.
- Сформулируйте и запишите вывод о зависимости сопротивления провода от его поперечного сечения.

**Образец возможного выполнения задания.**

- Схема экспериментальной установки



- Результаты измерений:

№	Диаметр проводника, мм	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом
1	0,15	4,3	0,25	17,2
2	0,3	0,95	0,25	3,8
3	0,15 + 0,3	0,8	0,25	3,2

- $R = U/I$
- Вывод. Чем больше поперечное сечение проводника, тем меньше его сопротивление.

**Указание экспертам.**

Поскольку задание не предполагает установления вида функциональной зависимости сопротивления проводника от площади его поперечного сечения,

достаточным является верный вывод о качественной зависимости его сопротивления от поперечного сечения.

### 2.3.22. Исследование зависимости сопротивления от удельного сопротивления материала проводника

**Цель опыта:** экспериментально установить зависит ли сопротивление металлического провода от удельного сопротивления материала из которого он изготовлен.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5В; вольтметр, амперметр, набор проволочных резисторов на подставке, ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и установите зависит ли сопротивление проволочного резистора от материала из которого он изготовлен.

**В бланке ответов:**

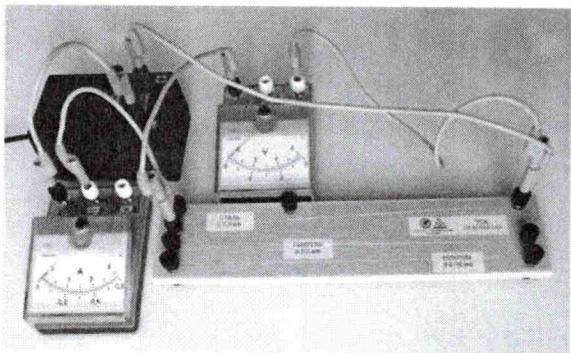
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- представьте в виде таблицы результаты измерения силы тока и напряжения в проволочных проводниках из стали и никрома диаметром 0,3мм одинаковой длины;
- запишите формулу для определения сопротивления проводника по значениям силы тока и приложенного напряжения;
- сформулируйте вывод о зависимости сопротивления проволочного проводника от материала из которого он изготовлен.

**Характеристика оборудования**

1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4	Набор проволочных резисторов на подставке
5	Ключ
6	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

1. Соберите установку в соответствии с приведенной на рисунке



2. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

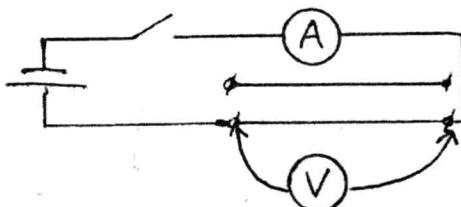
№	Материал проводника	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом
1	сталь			

2	нихром			
---	--------	--	--	--

3. Измерьте поочередно силу тока и напряжение в стальном и никромовом проводниках диаметром 0,3 мм и длиной 27 см.
4. Вычислите для каждого опыта сопротивление провода.
5. Сформулируйте и запишите вывод о зависимости или независимости сопротивления провода от его материала.

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Схема экспериментальной установки



2. Результаты измерений:

№	Материал проводника	Напряжение, В	Сила тока, А	Сопротивление, Ом
1	сталь	1,4	0,5	2,8
2	нихром	1,85	0,5	3,7

3.  $R = U/I$
4. Вывод. Сопротивление проволочного проводника зависит от материала провода.

**Указание экспертам.**

Поскольку задание не предполагает установления вида функциональной зависимости сопротивления проводника от его удельного сопротивления, достаточным является верный вывод о наличии зависимости его сопротивления от материала провода.

### 2.3.23. Исследование зависимости сопротивления проводника от температуры

**Цель опыта:** экспериментально установить зависит ли сопротивление металлического проводника от его температуры.

**Задание 1.** Используя оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5В; вольтметр, амперметр; лампу накаливания; реостат; ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и исследуйте зависимость сопротивления нити лампы от ее температуры.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- представьте в виде таблицы результаты измерения напряжения приложенного к лампе при силе тока в ней в 0,2 А, 0,3 А и 0,4 А (при указанных токах нить лампы светится слабо, в полнакала и полным накалом, что указывает на различие ее температур);
- запишите формулу для определения сопротивления проводника по значениям силы тока и приложенного напряжения;

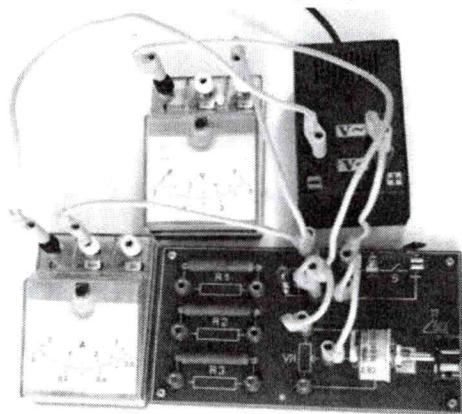
- сформулируйте вывод о зависимости сопротивления нити лампы от ее температуры.

### Характеристика оборудования

1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В
2	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
3	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
4	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10$ Ом; - резистор $R1=4,7$ Ом - резистор $R2=5,7$ Ом - резистор $R3 = 8,2$ Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) - ключ электрической цепи
5	Соединительные провода

### Порядок выполнения задания

- Соберите установку как показано на рисунке



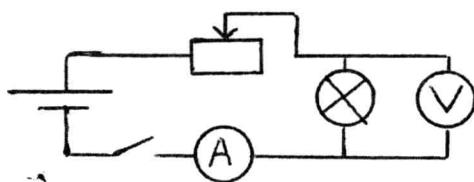
- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Режим нити лампы	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
1	Светится слабо			
2	Светится в половину накала			
3	Светится при полном накале			

- Измерьте силу тока и напряжение в лампе когда ее нить не светится, светится в полнакала и светится полным накалом. Режим свечения лампы регулируйте реостатом. Для получения силы тока в лампе величиной 0,2А последовательно с ней включите дополнительно резистор  $R3$ .
- Вычислите для каждого режима лампы сопротивление ее нити.
- Сформулируйте и запишите вывод о зависимости сопротивления нити лампы от ее температуры.

### Образец возможного выполнения задания.

- Схема экспериментальной установки



## 2. Результаты измерений:

№	Режим нити лампы	Сила тока, А	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
1	Светится слабо	0,2	1	5
2	Светится в половину накала	0,3	2,2	7,3
3	Светится при полном накале	0,4	3,8	9,5

$$3. R = U/I$$

4. Вывод. Чем больше накал лампы, а следовательно и температура ее нити, тем больше ее сопротивление.

### Указание экспертом.

Поскольку задание не предполагает установления вида функциональной зависимости сопротивления нити лампы от температуры, достаточным является верный вывод о качественной зависимости ее сопротивления от температуры.

### 2.3.24. 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.** Используя оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5В; вольтметр; резистор R1; резистор R2; ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте общее напряжение приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, и на каждом из них.

### В бланке ответов:

- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения напряжений на каждом из двух резисторов, соединенных последовательно;
- укажите значение суммы напряжений на двух резисторах;
- укажите результат измерения общего напряжения на двух резисторах, соединенных последовательно;
- запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

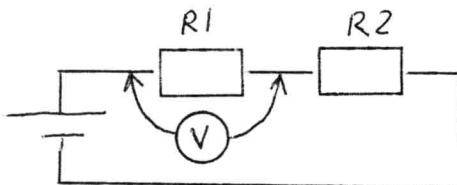
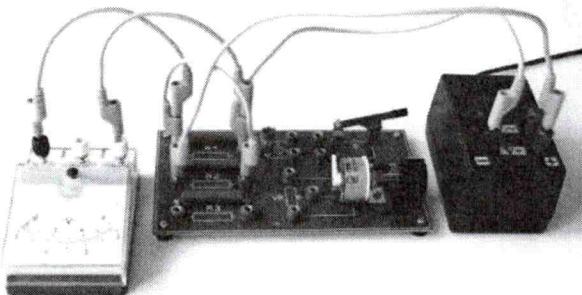
### Характеристика оборудования

1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В
2.	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В (С=0,1 В); 0 – 6 В (С=0,2 В)
3.	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А (С=0,02 А); 0 – 3 А (С=0,1 А)
4.	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для

	соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10 \text{ Ом}$ ; - резистор $R_1=4,7 \text{ Ом}$ - резистор $R_2=5,7 \text{ Ом}$ - резистор $R_3 = 8,2 \text{ Ом}$ - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) ключ электрической цепи
5.	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

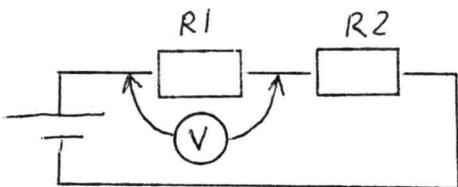
1. Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



2. Подключите вольтметр к резистору  $R_1$ . Измерьте и запишите значение напряжения  $U_1$ .
3. Подключите вольтметр к резистору  $R_2$ . Измерьте и запишите значение напряжения  $U_2$ .
4. Вычислите и запишите значение суммы напряжений  $U_1 + U_2$ .
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 0,1В.

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Схема экспериментальной установки



2.  $U_1 = 2,1 \text{ В}$
3.  $U_2 = 2,5 \text{ В}$
4.  $U = 4,6 \text{ В}$
5. Сумма напряжений  $U_1 + U_2 = 2,1 \text{ В} + 2,5 \text{ В} = 4,6 \text{ В}$
6. Вывод. Можно утверждать, что общее напряжение, приложенное к двум резисторам соединенным последовательно, равно сумме напряжений на каждом из резисторов.

### **Указание эксперту.**

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте вольтметр измеряет напряжение с абсолютной погрешностью  $\pm 0,1$  В.

Следовательно значение напряжения  $U_1$  может попадать в интервал  $U_1 = (2,1 \pm 0,1)$  В;

значение напряжения  $U_2$  может попадать в интервал  $U_2 = (2,5 \pm 0,1)$  В;

значение общего напряжения  $U$  может попадать в интервал  $U = (4,6 \pm 0,1)$  В;

границы интервала суммы напряжений  $U_1 + U_2 = (4,6 \pm 0,2)$  В.

Поскольку интервалы возможных значений суммы напряжений и общего напряжения перекрываются, вывод можно считать достоверным.

### **2.3.25. 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 оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5 В; амперметр; резистор R1; резистор R2; ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте общую силу тока в цепи из двух резисторов соединенных параллельно и в каждом из них.

#### **В бланке ответов:**

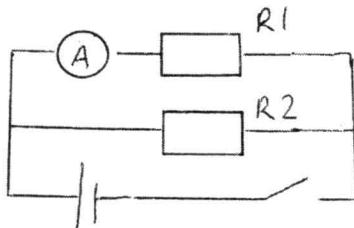
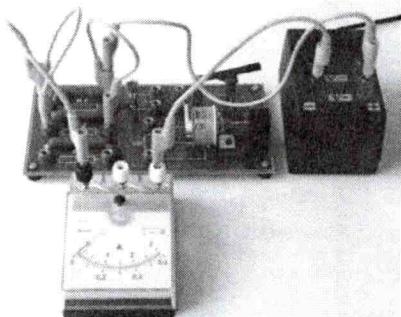
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения силы тока в каждом из двух резисторов, соединенных параллельно;
- укажите значение тока протекающего в цепи из двух резисторов, соединенных параллельно;
- запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

### **Характеристика оборудования**

1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В
2.	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1$ В); 0 – 6 В ( $C=0,2$ В)
3.	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02$ А); 0 – 3 А ( $C=0,1$ А)
4.	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10$ Ом; - резистор $R1=4,7$ Ом - резистор $R2=5,7$ Ом - резистор $R3 = 8,2$ Ом - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) ключ электрической цепи
5.	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

- Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке

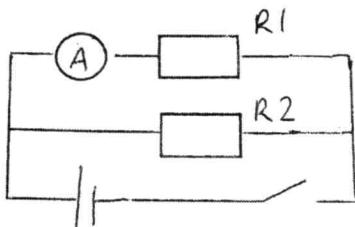


- Подключите амперметр к резистору R1, измерьте и запишите значение силы тока  $I_1$ .
- Подключите амперметр к резистору R2, измерьте и запишите значение силы тока  $I_2$ .
- Вычислите значение суммы токов  $I_1 + I_2$ .
- Измерьте общую силу тока в цепи  $I_{\text{об}}$ .
- Сформулируйте вывод о справедливости 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 0,05 А.

**Образец возможного выполнения задания.**

- Схема экспериментальной установки



- $I_1 = 0,9 \text{ A}$
- $I_2 = 0,75 \text{ A}$
- Сумма токов  $I_1 + I_2 = 0,9 \text{ A} + 0,75 \text{ A} = 1,65 \text{ A}$
- $I_{\text{об}} = 1,6 \text{ A}$
- Вывод. С учетом возможной погрешности измерений в 0,05 А 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 абсолютной погрешностью  $\pm 0,05\text{A}$ .

Следовательно, значение силы тока  $I_{\text{об}}$  может попадать в интервал  $I_{\text{об}} = (1,6 \pm 0,05)\text{A}$ ;

значение силы тока  $I_1$  может попадать в интервал  $I_1 = (0,9 \pm 0,05)\text{A}$ ;

значение силы тока  $I_2$  может попадать в интервал  $I_2 = (0,75 \pm 0,05) \text{ А}$ ;  
 границы интервала суммы токов  $I_1 + I_2 = (1,65 \pm 0,1) \text{ А}$ ;  
 поскольку интервалы возможных значений общего тока и суммы токов перекрываются, вывод можно считать достоверным.

### 2.3.26. Проверка правила для электрического сопротивления при последовательном соединении резисторов

**Цель опыта** экспериментально проверить справедливость утверждения о том, что при последовательном соединении двух резисторов общее сопротивление цепи, равно сумме сопротивлений каждого из резисторов

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №3 (источник постоянного напряжения 4,5 В; вольтметр; амперметр; резистор R1; резистор R3; ключ и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте общее напряжение приложенное к двум резисторам, соединенным последовательно, и на каждом из них.

#### В бланке ответов:

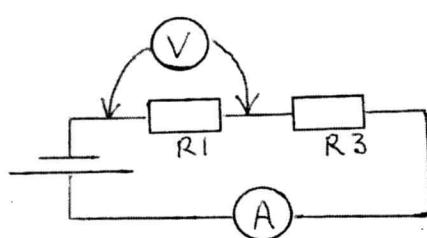
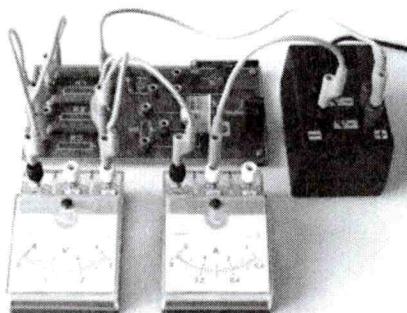
- сделайте рисунок электрической схемы экспериментальной установки;
- укажите результаты измерения напряжений на каждом из двух резисторов соединенных последовательно и общего напряжения в цепи;
- укажите результат измерения сила тока в цепи;
- укажите результат измерения общего сопротивления цепи и сопротивлений каждого из резисторов;
- запишите вывод о справедливости проверяемого утверждения.

#### Характеристика оборудования

1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В
2.	Вольтметр двухпредельный: 0 – 3 В ( $C=0,1 \text{ В}$ ); 0 – 6 В ( $C=0,2 \text{ В}$ )
3.	Амперметр двухпредельный: 0 – 0,6 А ( $C=0,02 \text{ А}$ ); 0 – 3 А ( $C=0,1 \text{ А}$ )
4.	Плата на подставке с электрическими элементами и гнездами для соединительных проводов: - переменный резистор (реостат) с ручкой $VR = 10 \text{ Ом}$ ; - резистор $R1=4,7 \text{ Ом}$ - резистор $R2=5,7 \text{ Ом}$ - резистор $R3 = 8,2 \text{ Ом}$ - лампочка (номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А) ключ электрической цепи
5.	Соединительные провода

#### Порядок выполнения задания

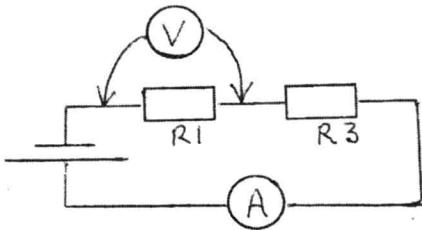
1. Соберите установку в соответствии со схемой приведенной на рисунке



2. Подключите вольтметр к резистору R<sub>1</sub>. Измерьте и запишите значение напряжения U<sub>1</sub>.
3. Подключите вольтметр к резистору R<sub>3</sub>. Измерьте и запишите значение напряжения U<sub>2</sub>.
4. Подключите вольтметр к цепи из двух резисторов. Измерьте и запишите значение напряжения U.
5. Измерьте и запишите значение силы тока в цепи I.
6. Вычислите значения сопротивлений R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub> и R<sub>об</sub> по формулам: R<sub>1</sub> = U<sub>1</sub>/I; R<sub>3</sub> = U<sub>2</sub>/I и R<sub>об</sub> = U/I.
7. Сформулируйте вывод о справедливости утверждения: «Общее сопротивление двух резисторов, соединенных последовательно, равно сумме сопротивлений каждого из резисторов».

#### **Образец возможного выполнения задания.**

1. Схема экспериментальной установки



2. U<sub>1</sub> = 1,7 В
3. U<sub>2</sub> = 3 В
4. U = 4,7 В
5. I = 0,37 А
6. R<sub>1</sub> = 4,6 Ом; R<sub>3</sub> = 8,1 Ом; R<sub>об</sub> = 12,7 Ом
7. Сумма сопротивлений R<sub>1</sub> + R<sub>3</sub> = 12,7 Ом
8. Вывод. Можно утверждать, что общее сопротивление двух резисторов соединенных последовательно R<sub>об</sub>, равно сумме сопротивлений каждого из резисторов R<sub>1</sub> + R<sub>3</sub>.

#### **Указание эксперту.**

Значение границ интервала допустимых значений результата опыта определяется методом границ. При этом учитывают, что использованный в опыте вольтметр измеряет напряжение с абсолютной погрешностью  $\pm 0,1$  В, а амперметр с погрешностью  $\pm 0,05$  А.

Следовательно значение напряжения U<sub>1</sub> может попадать в интервал U<sub>1</sub> = (1,7 ± 0,1) В;

значение напряжения U<sub>2</sub> может попадать в интервал U<sub>2</sub> = (3 ± 0,1) В;

значение общего напряжения U может попадать в интервал U = (4,7 ± 0,1) В;

значение силы тока может попасть в интервал (0,37 ± 0,05) А,

тогда интервалы возможных значений сопротивлений резисторов:

$$R_1 = 4,6 \text{ Ом}; R_3 = 8,1 \text{ Ом}; R_{об} = 12,7 \text{ Ом}$$

$$R_1 = (3,8 \div 5,7) \text{ Ом}$$

$$R_3 = (6,9 \div 9,7) \text{ Ом}$$

$$R_1 + R_3 = (10,7 \div 15,4) \text{ Ом}$$

$$R_{об} = (10,9 \div 15) \text{ Ом}$$

Поскольку интервалы возможных значений суммы сопротивлений и общего сопротивления перекрываются, вывод можно считать достоверным.

### 2.3.27. Исследование зависимости угла преломления от угла падения на границу воздух-стекло

**Цель опыта:** установить характер зависимости угла преломления светового пучка на границе воздух-стекло от угла падения.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №4 (источник постоянного напряжения, оптическую скамью, осветитель, собирающую линзу, рейтер с щелевым отверстием, полуцилиндр, планшет с круговым транспортиром и соединительные провода), соберите экспериментальную установку и измерьте углы преломления света падающего на центр плоской грани полуцилиндра при разных углах падения.

**В бланке ответов:**

- сделайте рисунок экспериментальной установки;
- укажите результаты измерений углов преломления и углов падения в виде таблицы;
- сформулируйте вывод о зависимости угла преломления света от угла его падения из воздуха на стекло.

**Характеристика оборудования**

№ п/п	Наименование
1.	Источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В <b>ИЛИ</b> Источник питания постоянного тока 5 В: - внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя) - сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя) - переходник для внешнего аккумулятора
2.	Слайд с отверстием в виде буквы F и с щелевым отверстием
3.	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм
4.	Осветитель (светодиодный источник света)
5.	Полуцилиндр (плоская стеклянная пластина)
6.	Планшет с круговым транспортиром
7.	Соединительные провода

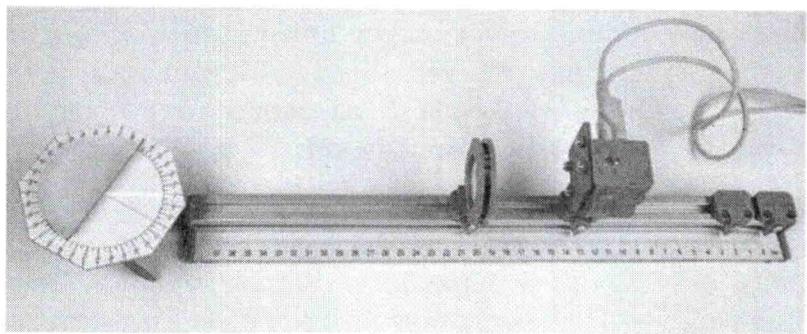
**Порядок выполнения задания**

- Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

№	Угол падения, град.	Угол преломления, град.
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

- Закрепите на оптической скамье осветитель, рейтер со щелью, собирающую линзу и планшет с транспортиром как показано на рисунке.

3. Положите на планшет полуцилиндр совместив его основание с контуром на его поверхности.
4. Соедините проводами осветитель с источником напряжения, включите его и настройте установку так, чтобы вдоль поверхности планшета распространялся узкий луч света. Луч должен попадать на середину плоской грани полуцилиндра, как показано на рисунке.



5. Измерьте угол преломления света на плоской грани полуцилиндра при угле падения  $20^\circ$ .

6. Повторите опыт 3 - 4 раза увеличивая каждый раз угол падения на  $10^\circ$ .

7. Сравните как менялся угол преломления света

при изменении угла падения, сформулируйте и запишите вывод о том как изменение угла падения влияет на изменение угла преломления.

#### **Образец возможного выполнения задания**

1. Возможный вид рисунка установки



2. Результаты измерений

№	Угол падения, град.	Угол преломления, град.
6.	20	14
7.	30	20
8.	40	25
9.	50	30
10.	60	35

3. Вывод. При преломлении света на границе воздух стекло угол преломления увеличивается при увеличении угла падения.

#### **Указание экспертам**

Погрешность измерения углов зависит от ширины сечения светового пучка (определяется шириной щели диафрагмы, в спецификации ФИПИ не задана) и точности совмещения точки падения луча с серединой плоской грани полуцилиндра, поэтому количественная оценка полученных значений углов не проводится.

Достаточно верного утверждения о том, что угол преломления зависит от угла падения, чем больше угол падения, тем больше угол преломления.

### 2.3.28. 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 оборудование из комплекта №4 (оптическую скамью, источник света, источник электропитания, собирающую линзу с рейтером, слайд с отверстием в виде буквы F, экран), и линейку соберите экспериментальную установку для получения действительного изображения буквы F на экране и исследуйте, как зависит размер изображения буквы F от расстояния между линзой и экраном.

#### В бланке ответов:

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

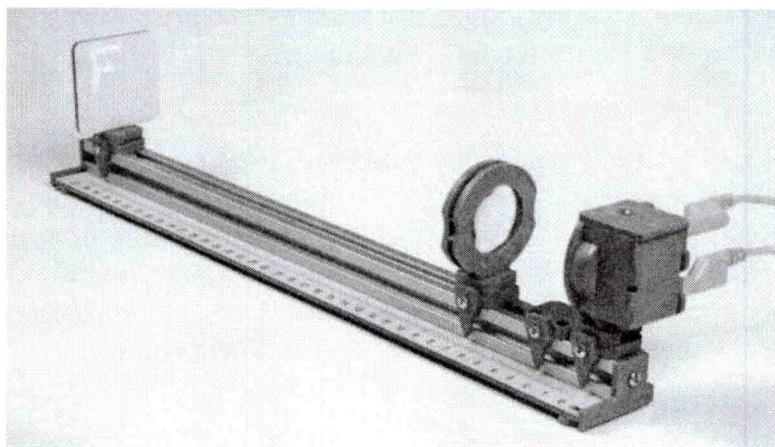
#### Характеристика оборудования

1.	Собирающая линза 2 $F_2 = 100$ мм
2.	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм
3.	Экран
4.	Источник питания постоянного тока 4,5В
5.	Провода соединительные
6.	Источник света
7.	Слайд с отверстием в виде буквы F и с щелевым отверстием
8.	Линейка

#### Порядок выполнения задания

1. Соберите установку для получения изображения предмета с помощью собирающей линзы.

Установите перед окном источника света слайд с отверстием в виде буквы «F».



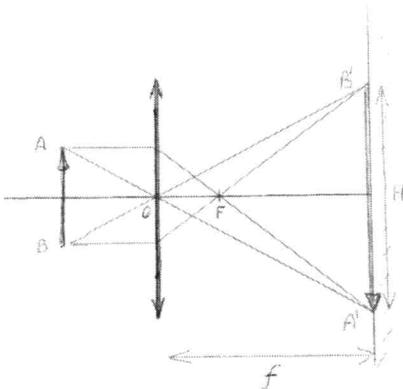
2. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений:

Расстояние до экрана $f$ , мм				
Размер изображения $H$ , мм				

3. Включите источник света и получите на экране четкое изображение буквы «F».
4. Измерьте по шкале скамьи расстояние от линзы до экрана  $f$ .
5. Измерьте линейкой размер изображения  $H$ .
6. Повторите эксперимент несколько раз при разных расстояниях  $f$ .
7. 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	100	161	225	300
Размер изображения $H$ , мм	8	13	19	22

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

#### 2.3.29. Исследование свойства изображения, полученного с помощью собирающей линзы

**Цель опыта.** Исследовать зависимость вида изображения предмета, полученного с помощью собирающей линзы, от расстояния от предмета до линзы.

**Задание.** Используя оборудование из комплекта №4 (оптическую скамью, рейтеры с источником света, собирающей линзой с фокусным расстоянием 50мм и экраном), соберите экспериментальную установку и определите как влияет расстояние от предмета до линзы на вид изображения предмета полученное с помощью этой линзы.

**В бланке ответов:**

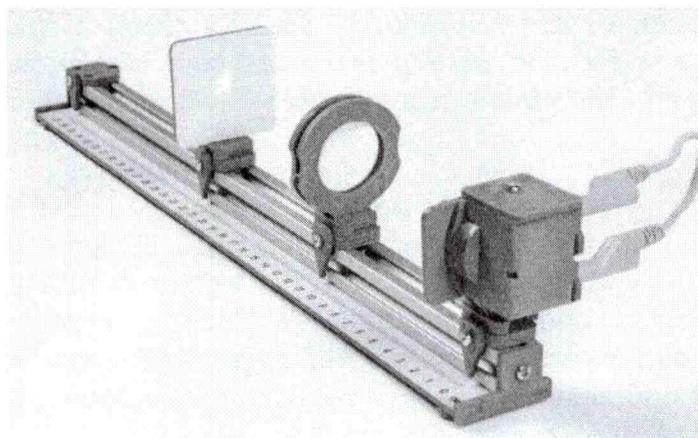
- зарисуйте оптическую схему экспериментальной установки для исследования свойств изображения предмета полученного с помощью собирающей линзы;
- перечислите свойства изображений предмета (мнимое или действительное, уменьшенное или увеличенное, прямое или перевернутое, при расстояниях от предмета до линзы в 70 и 150 мм);
- сформулируйте вывод о свойствах изображений предмета, когда он расположен на расстоянии  $d$  от линзы если:  $F < d < 2f$  и  $d > 2F$ .

**Характеристика оборудования**

1	Источник питания постоянного тока 4,5 В (выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В ИЛИ Источник питания постоянного тока 5 В: - внешний аккумулятор с USB кабелем (в упаковке производителя) - сетевое зарядное устройство (в упаковке производителя) - переходник для внешнего аккумулятора
2	Собирающая линза 2 $F_2 = 50$ мм
3	Экран
4	Оптическая скамья 400 мм с линейкой 360 мм
5	Слайд с отверстием в виде буквы F и щелевым отверстием
6	Осветитель (светодиодный источник света)
7	Соединительные провода

**Порядок выполнения задания**

- Соберите экспериментальную установку для наблюдения на экране изображения предмета полученного с помощью линзы

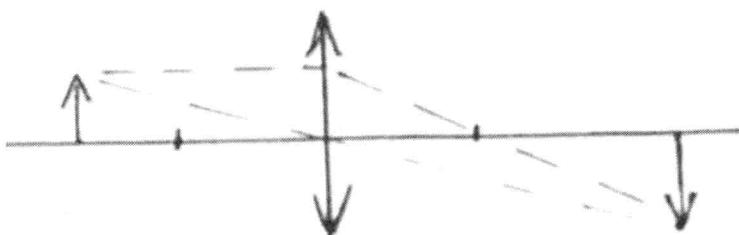


- Включите осветитель и закрепите на его окне предмет (слайд с отверстием в виде буквы «F»)
- Установите линзу на расстоянии 70 мм от осветителя.
- Получите на экране, перемещая его вдоль оптической скамьи, четкое изображение буквы «F».

5. Перечислите свойства изображения предмета.
6. Повторите опыт, переместив линзу на расстояние 150мм от осветителя.
7. Перечислите свойства изображения предмета.
8. Сформулируйте вывод о связи свойств изображений предмета, с его расстоянием до линзы  $d$ , если:  $F < d < 2F$  и  $d > 2F$

**Образец возможного выполнения задания.**

1. Вид возможного варианта рисунка установки:



2. При расстоянии от предмета до линзы в 70 мм изображение получается действительным, перевернутым и увеличенным.
3. При расстоянии от предмета до линзы в 150 мм изображение получается действительным, перевернутым и уменьшенным.
4. Вывод. Если расстояние от предмета до линзы больше ее фокусного расстояния, но меньше двойного фокусного расстояния, то изображение получается действительным, перевернутым и увеличенным;
5. Если расстояние от предмета до линзы больше ее двойного фокусного расстояния, то изображение получается действительным, перевернутым и уменьшенным.

**Указание экспертам.**

Ответ считается верным, если в выводе утверждается на качественном уровне что при условии, когда  $F < d < 2F$ , линза дает действительное, перевернутое и увеличенное изображение предмета, а при условии, когда  $d > 2F$ , линза дает действительное, перевернутое и уменьшенное изображение.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В предлагаемом пособии подробно описаны возможности новых дидактических средств - комплектов учебного оборудования для подготовки школьников к ОГЭ по физике, а также представлены методические рекомендации по организации работ физического практикума, целью которого является развитие исследовательских умений учащихся, необходимых для успешного выполнения его заданий.

По нашему мнению, применение комплектов оборудования для проведения ОГЭ производства ООО «Химлабо» позволит создать в каждой школе условия, благоприятные для формирования устойчивой мотивации к освоению учебного материала и развитию творческой деятельности учащихся. Надеемся, что в результате ознакомления с материалом данного пособия учитель и самостоятельный пользователь смогут с максимальной отдачей воспользоваться возможностями, предоставляемыми новым учебным оборудованием.

Издатель будет благодарен учителям, методистам и всем читателям за замечания, направленные на улучшение данного пособия и совершенствование конструкции и содержания комплектов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Федеральный государственный стандарт основного общего образования.
2. Примерная основная образовательная программа основного общего образования.
3. Кабардин О.Ф., Кабардина С.И. Физика. Лабораторные работы. 7-9-е классы. - М.: Астрель, 2000.
4. Степанов СВ., Евстигнеев В.Е. Ученический эксперимент по физике. Методические рекомендации к лабораторным работам по электродинамике. - М.: Химлабо, 2009.
5. Степанов СВ. Методическое пособие по использованию лабораторного комплекса для учебной практической и проектной деятельности по физике. Часть 1. Лабораторные работы и практикум для базового и углубленного уровней / Под ред. Пичугина В.С. - М.: РА «ИЛЬФ», 2016.
6. Государственная итоговая аттестация по образовательным программам основного общего образования в форме основного государственного экзамена (ОГЭ). Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2021 году основного государственного экзамена по физике. ФИПИ, 2020.