

СОЗДАНО РАЗРАБОТЧИКАМИ ОГЭ

ТРЕНАЖЁР

ОГЭ

ФИЗИКА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

2018

- Описания выполнения экспериментальных заданий ОГЭ
- Тематические экспериментальные задания
- Примеры выполнения экспериментальных заданий
 - Реальные типовые экспериментальные задания ОГЭ



ОГЭ

ТРЕНАЖЁР

Г. Г. Никифоров, Е. Е. Камзеева,
М. Ю. Демидова

ФИЗИКА

*Описания выполнения
экспериментальных заданий ОГЭ*

*Тематические экспериментальные
задания*

*Примеры выполнения
экспериментальных заданий*

*Реальные типовые
экспериментальные задания ОГЭ*

*Издательство
«ЭКЗАМЕН»
МОСКВА, 2018*

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22
Н62

Никифоров Г. Г.

Н62 ОГЭ 2018. Физика. Тренажёр. Экспериментальные задания / Г. Г. Никифоров, Е. Е. Камзеева, М. Ю. Демидова. — М. : Издательство «Экзамен», 2018. — 141, [3] с. (Серия «ОГЭ. Тренажёр»)

ISBN 978-5-377-12462-7

Тренажёр в форме рабочей тетради предназначен для подготовки к выполнению экспериментальных заданий, включенных в ОГЭ по физике. Задания группируются по тематическому принципу. Внутри тематических разделов (механические, электрические и оптические явления) работы располагаются в соответствии с деятельностным принципом конструирования экспериментальных заданий ОГЭ: прямые измерения, косвенные измерения, проверка правил, исследование зависимостей.

В пособие включены реальные типовые экспериментальные задания ОГЭ, приводятся описания их правильного выполнения и заполнения бланков ОГЭ.

Учащийся получает возможность эффективно отработать учебный материал на большом количестве заданий и самостоятельно подготовиться к экзамену.

Учителям книга будет полезна для организации различных форм подготовки к ОГЭ.

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

УДК 372.8:53
ББК 74.262.22

Подписано в печать 25.08.2017. Формат 60х90/8.

Гарнитура «Школьная».

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 7,35. Усл. печ. л. 18.

Тираж 10 000 экз. Заказ № 3025/17.

ISBN 978-5-377-12462-7

© Никифоров Г. Г., Камзеева Е. Е., Демидова М. Ю., 2018
© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие для учителя	5
-------------------------------	---

ГЛАВА 1. МЕХАНИКА

§1. Лабораторное оборудование по механике	7
1. Классификация средств измерения	7
2. Цена деления и результат прямого измерения	9
3. Принцип среднего	14
4. Погрешность измерений	16
§2. Определение численных значений физических величин на основе прямых измерений ...	19
1. Плотность вещества.....	19
1.1. Домашняя подготовка	19
1.2. Экспериментальные задания	20
2. Жёсткость пружины.....	24
2.1. Домашняя подготовка	24
2.2. Экспериментальные задания	28
3. Выталкивающая сила	35
3.1. Домашняя подготовка	35
3.2. Экспериментальные задания	36
4. Трение.....	40
4.1. Домашняя подготовка	40
4.2. Экспериментальные задания	42
5. Работа сил.....	47
Задания первой группы	47
5.1. Домашняя подготовка	47
5.2. Экспериментальные задания	49
Задания второй группы	50
5.3. Домашняя подготовка	50
5.4. Экспериментальные задания	50
6. Условия равновесия рычага	55
6.1. Домашняя подготовка	55
6.2. Экспериментальные задания	57
7. Исследование зависимостей между физическими величинами	61

7.1. Исследование известных закономерностей	61
7.2. Исследование неизвестных закономерностей	67

ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

§1. Лабораторное оборудование	74
1. Электроизмерительные приборы	74
2. Используемые на экзамене резисторы, лампочки, источники тока, реостаты	77
3. Задания по работе с оборудованием	78
§2. Измерение сопротивления, мощности и работы тока	83
1. Измерение сопротивления	83
2. Измерение мощности и работы электрического тока	86
§3. Проверка правила сложения напряжений при последовательном соединении резисторов и правила сложения сил токов при параллельном соединении	95
1. Сравнение измеренных физических величин	95
2. Проверка правила сложения напряжений при последовательном соединении резисторов	96
3. Проверка правила сложения сил токов при параллельном соединении резисторов	100
§4. Исследование зависимости силы тока от напряжения	105
1. Как проверяют зависимости одной величины от другой?	105
2. Экспериментальные исследования зависимости силы тока от напряжения	111

ГЛАВА 3. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

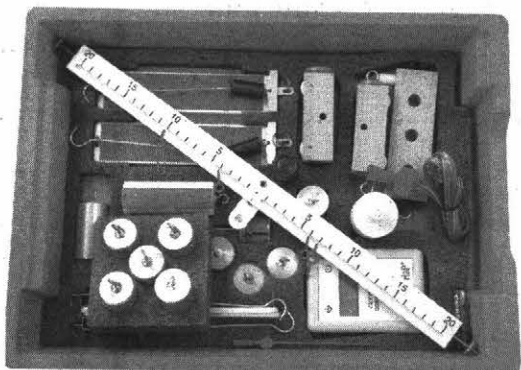
§1. Измерение фокусного расстояния	121
1.1. Домашняя подготовка	121
1.2. Лабораторное оборудование по оптике	123
1.3. Экспериментальные задания по измерению фокусного расстояния	125
§2. Исследование свойств изображений в линзе	130
2.1. Домашняя подготовка	130
2.2. Выполнение экзаменационного задания	135

ПРЕДИСЛОВИЕ ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

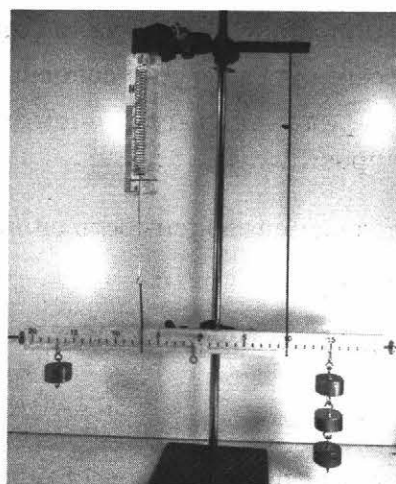
Использование тренажёра в форме рабочей тетради поможет учителю организовать учебную деятельность по подготовке к выполнению экспериментальных заданий ОГЭ с лабораторным оборудованием.

В тетради используется комплексный четырехэтапный подход к формированию экспериментальных умений учащихся, проверяемых при государственной аттестации: **первый этап** — домашняя экспериментальная работа; **второй этап** — анализ примеров выполнения заданий по фотографиям измерительных установок; **третий этап** — самостоятельное выполнение заданий по фотографиям измерительных установок; **четвертый этап** — заключительный: выполнение экспериментального задания на реальном лабораторном оборудовании, которое выдаётся учителем. В тетради задания группируются по тематическому принципу; внутри тематических разделов (механические, электрические и оптические явления) они располагаются в соответствии с деятельностным принципом конструирования экспериментальных заданий ОГЭ с добавлением заданий по прямым измерениям: 1) прямые измерения, 2) косвенные измерения, 3) проверка правил, 4) исследование зависимостей.

На *фото 1–3* представлены наборы «ГИА-лаборатории» и «ФГОС-лаборатории», которые используются в школах при проведении ОГЭ в соответствии с рекомендациями ФИПИ.

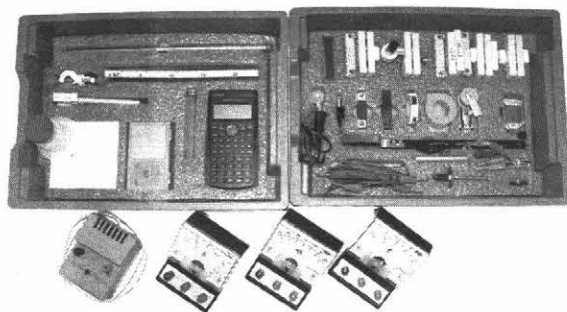


а) Набор по механике

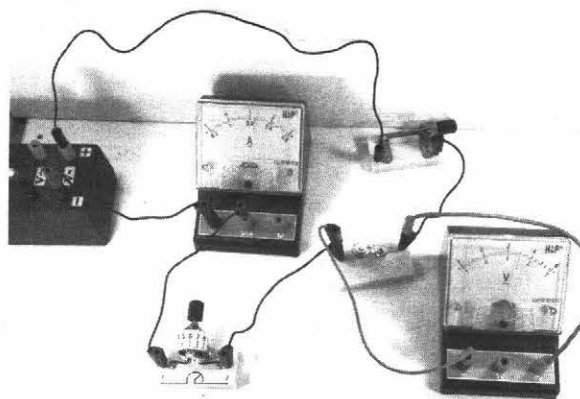


б) установка в сборке

Фото 1

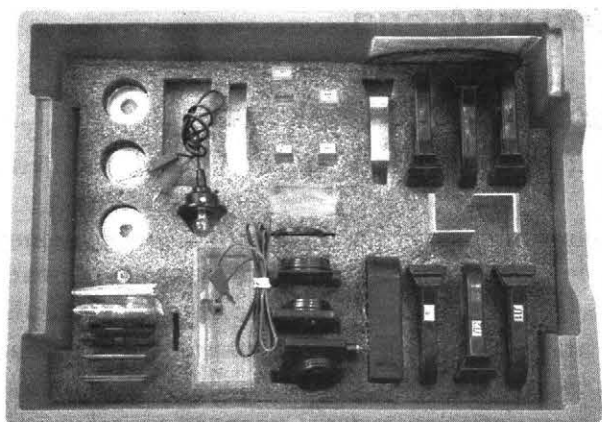


а) Набор по электричеству

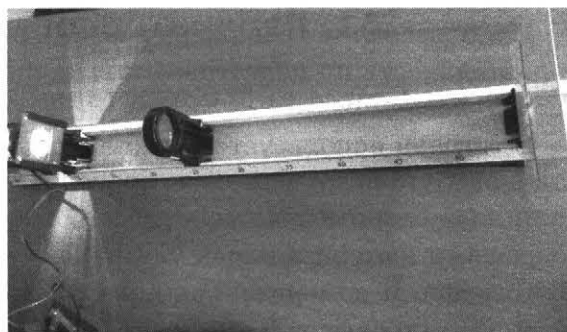


б) установка в сборе

Фото 2



а) Набор по оптике



б) установка в сборке

Фото 3

Форму организации занятий с применением рабочей тетради определяет учитель. Одна из форм — итоговый лабораторный практикум в 9 классе. При проведении такого практикума могут использоваться не только комплекты «ГИА-лаборатория», но и типовые наборы для фронтальных работ. ФИПИ допускает также использование таких наборов при проведении ОГЭ по физике.

Выполнение практикума позволяет на экспериментальной основе провести итоговое повторение всего курса физики основной школы.

ГЛАВА 1. МЕХАНИКА

§1. Лабораторное оборудование по механике

1. Классификация средств измерения

Оборудование для проведения прямых измерений по механике делится на инструменты и измерительные приборы.

К инструментам относятся: линейка, мерная лента, мерный цилиндр (фото 1.1). К измерительным приборам относятся: весы, динамометры, часы, секундомеры. При этом измерительные приборы, используемые на экзамене, делятся на цифровые и аналоговые (стрелочные). К аналоговым приборам относятся динамометры (фото 1.2), часы с секундной стрелкой и механические секундомеры (фото 1.3). Цифровые приборы — это электронные весы и электронный секундомер.

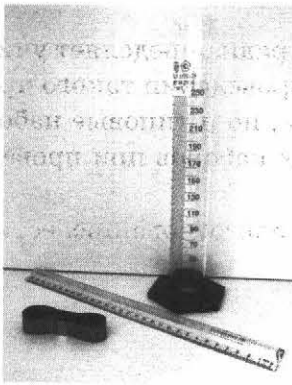


Фото 1.1

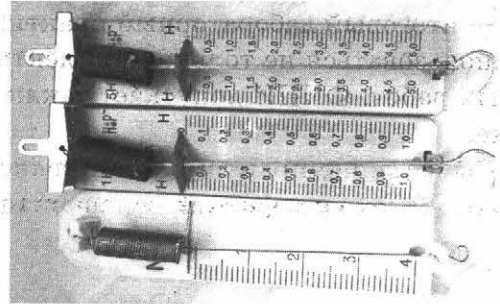


Фото 1.2



Фото 1.3

При использовании цифровых приборов результат считывается с дисплея прибора.
Электронные весы (фото 1.4).



а



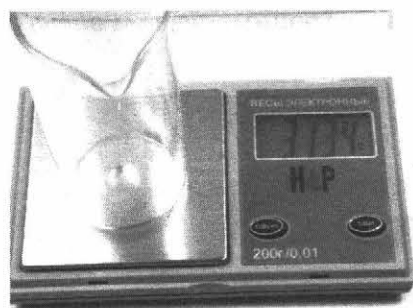
б

Фото 1.4

Электронные весы имеют предел измерения 200 г, поэтому перед взвешиванием необходимо быть уверенным, что масса взвешиваемого тела меньше 200 г. (Для этого можно использовать динамометр и проверить, что сила тяжести меньше 2 Н.)

Весы включаются правой кнопкой, выключаются левой. Буква «Т» на правой кнопке означает, что этой кнопкой можно воспользоваться для «сброса тары». Что это означает?

Пусть вам надо налить в стакан некоторое определённое количество воды. Действуем так: включаем правой кнопкой весы, ставим на платформу пустой стакан, весы показывают массу стакана 31,34 г (фото 1.5, а), снова нажимаем правую кнопку — весы показывают нуль (фото 1.5, б). Не снимая стакан, аккуратно наливаем в него воду — на дисплее видим значение массы воды: 24,84 г (фото 1.5, в) без учета массы стакана.



а



б



в

Фото 1.5

Задание 1.1.

- 1) Пользуясь электронными весами, измерьте массу различных тел — монет, шариковой ручки и др.
- 2) Пользуясь функцией «сброс тары», налейте в пластиковый стакан небольшое количество воды и измерьте массу воды.

Запишите результаты в таблицу.

Тела	Масса, г

Электронный секундомер (фото 1.6, а)

Управление работой электронного секундомера осуществляется одной кнопкой, расположенной в верхнем торце справа (фото 1.6, б).

- 1) Для включения секундомера кнопка удерживается в нажатом состоянии примерно 4 секунды: на дисплее появляются четыре нуля — исходное состояние (фото 1.6, в).
- 2) Кратковременно нажимают кнопку в начале измерения промежутка времени и также кратковременно нажимают её в конце измерения — на дисплее отображается результат (фото 1.6, г).

- 3) Кратковременно снова нажимают кнопку — секундомер возвращается в исходное состояние (4 нуля).
- 4) Для нового измерения промежутка времени — см. п. 2.
- 5) Для выключения секундомера нажимают кнопку и удерживают её в нажатом состоянии примерно 4 секунды — дисплей гаснет.



а



б



в



г

Фото 1.6

Задание 1.2.

Пользуясь электронным секундомером, измерьте свой пульс.

2. Цена деления и результат прямого измерения

1) Цифровые приборы не имеют шкал, поэтому при их использовании нет необходимости определять цену деления.

Но при использовании инструментов и стрелочных приборов определение цены деления — обязательная процедура, которую необходимо выполнить перед проведением прямых измерений.

Общее правило вам известно:

цена деления C равна

$C = \frac{\text{разность числовых значений двух ближайших оцифрованных штрихов шкалы}}{\text{число делений между ними}}$

Цена деления записывается с указанием единиц измерения.

Знание единиц измерения и их обозначений очень важно: именно они приводятся на шкалах приборов и инструментов и позволяют определить назначение средства измерения.

Например, при выполнении экспериментальных заданий вы часто путаете динамометр (фото 1.7, а) со специальным устройством для исследования пружин (фото 1.7, б).

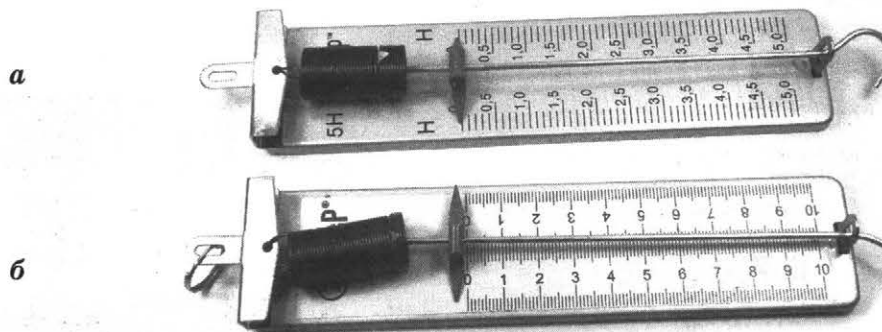
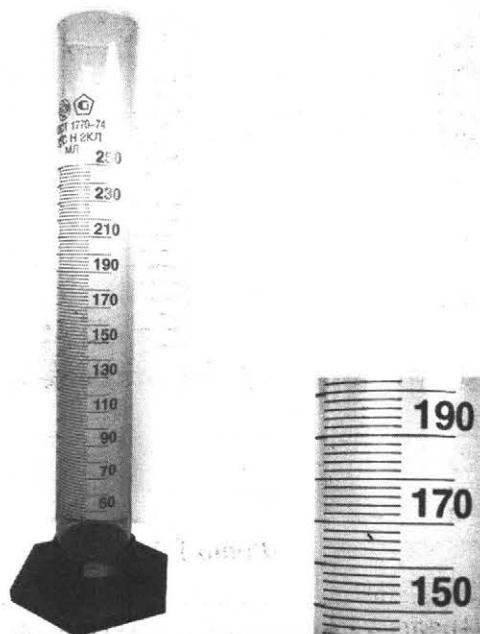


Фото 1.7

Задание 1.3

Определите цену деления и пределы измерения измерительного цилиндра (фото 1.8)



а

б

Фото 1.8

Задание 1.4

Определите цену деления и пределы измерения динамометров (см. фото 1.9; 1.10; 1.11).
Заполните таблицу.

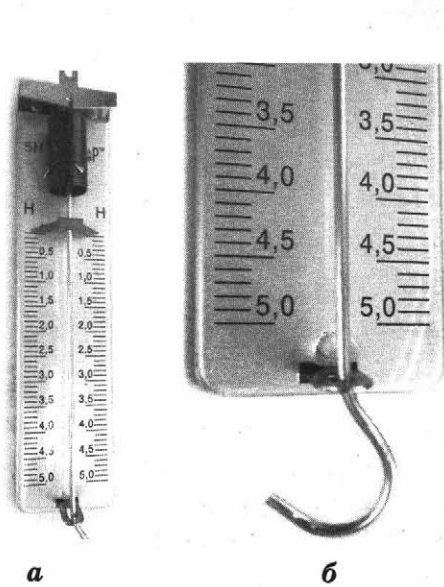


Фото 1.9

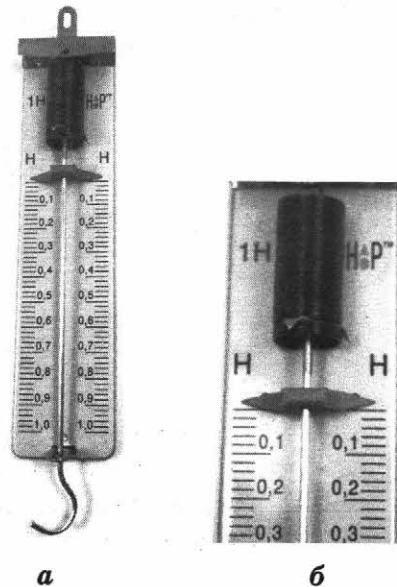


Фото 1.10

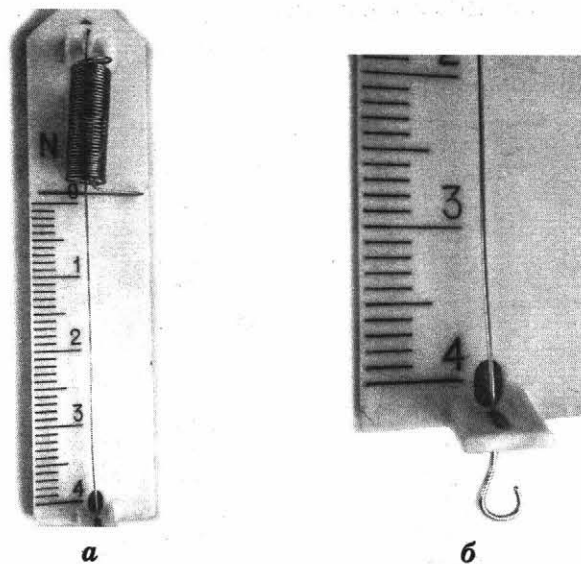


Фото 1.11

Разность	Число делений	Цена деления		
		Фото 1.9	Фото 1.10	Фото 1.11

2) Результат прямого измерения с использованием прибора получают непосредственно, умножив числовое значение, отсчитанное по шкале, на цену деления.

При отсчете по шкале, если указатель не совпадает со штрихом шкалы, показание округляется «до ближайшего штриха».

Задание 1.5

Определите вес лапки от штатива, пользуясь фото 1.12

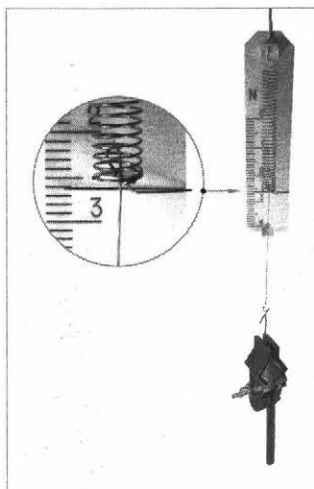


Фото 1.12

Для измерения массы при выполнении экспериментальных заданий по механике могут использоваться разнообразные механические весы.

Чаще всего используются весы с гирями сборно-разборной конструкции (фото 1.13) и весы с перегрузком и набором гирь (фото 1.14).

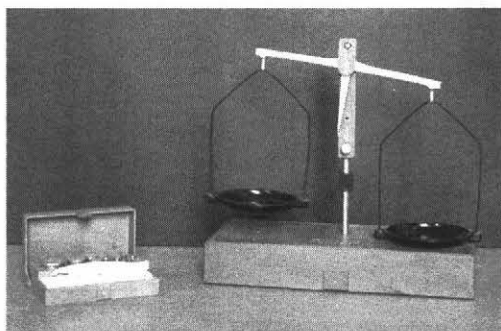


Фото 1.13

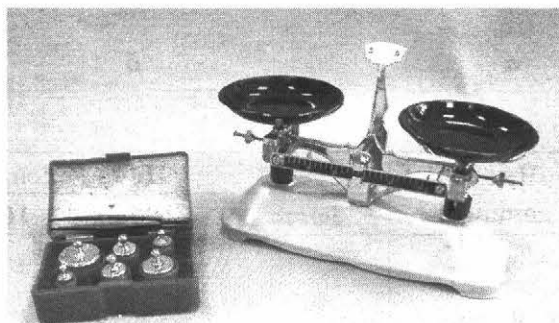
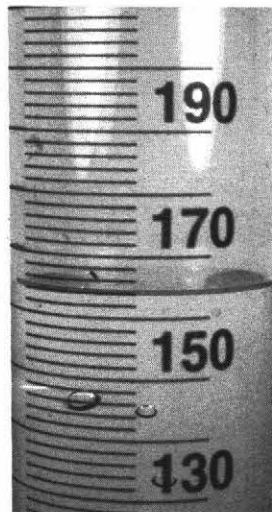


Фото 1.14

- 3) Простейшие инструменты не являются стрелочными приборами. Но при их использовании результат измерения также получают совмещением измеряемого объекта со шкалой инструмента. Например: объём воды в мерном сосуде (фото 1.15) равен 164 мм.



а



б

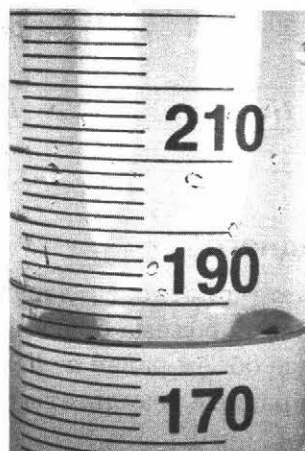
Фото 1.15

Задание 1.6

Измерьте объём воды в мерном цилиндре (фото 1.16).



а



б

Фото 1.16

- 4) Часто при использовании инструментов провести отсчёт не так просто. Например, вам надо определить объём цилиндра. Для этого надо знать его высоту и диаметр. Высоту измерить легко, но как измерить диаметр? Процедура понятна из *фото 1.17*. Диаметр равен 30 мм.

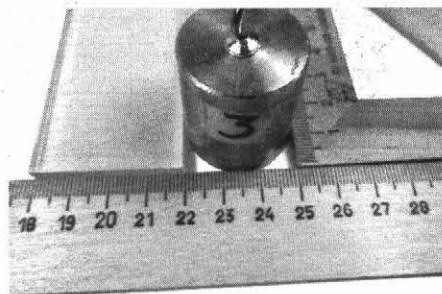
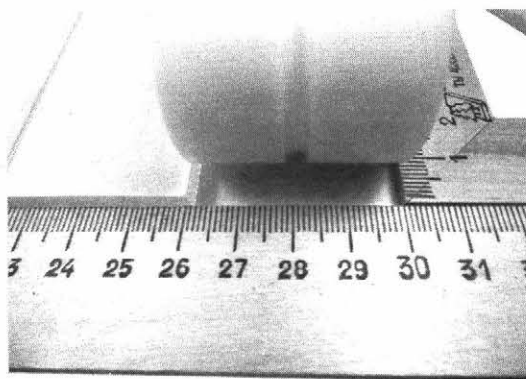


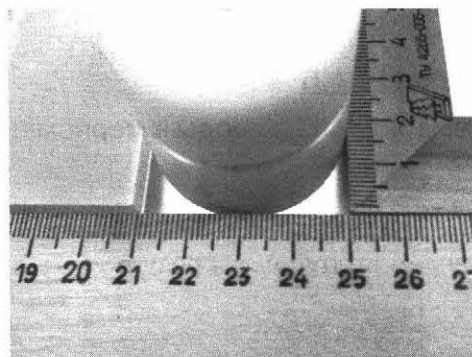
Фото 1.17

Задание 1.7

Пользуясь *фото 1.18*, определите объём цилиндра.



а



б

Фото 1.18

H , мм	D , мм	$V = H \cdot (\pi D^2)/4$, мм ³

3. Принцип среднего

Пусть вы измеряете плотность дерева с использованием бруска, представленного на *фото 1.19*. Для определения объёма бруска надо измерить длины трёх его рёбер: высоту a , ширину b и толщину c . Тогда объём равен $a \cdot b \cdot c$. При измерении, например, ширины бруска в разных местах получаются разные результаты (см. *фото 1.20*).

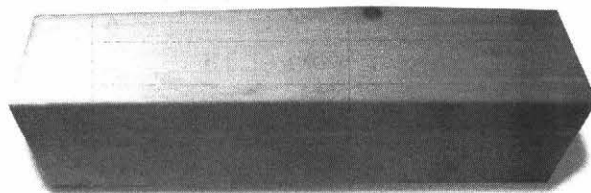
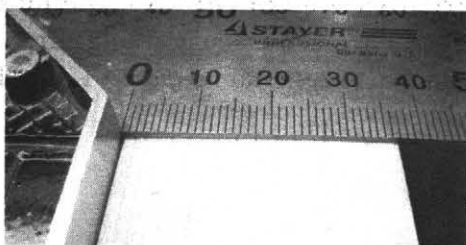
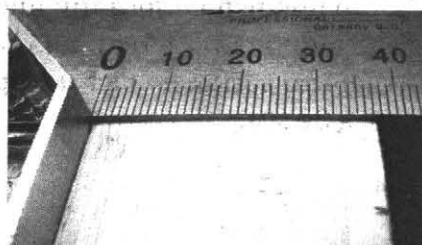


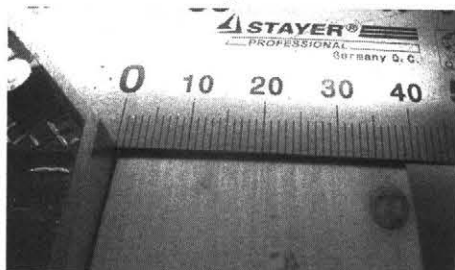
Фото 1.19



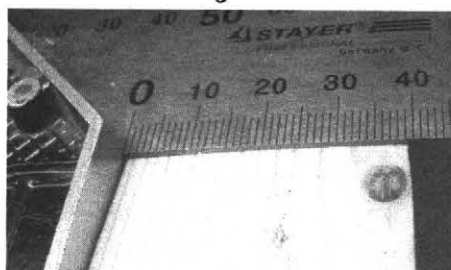
a



б



в



г



д

Фото 1.20

Сведём полученные результаты измерения ширины бруска в таблицу:

Номер измерения				
1	2	3	4	5
37 мм	38 мм	39 мм	39 мм	40 мм

Чему же равна ширина бруска? Из математики вам известно, что надо найти среднее значение.

В данном примере:

$$b_{\text{cp}} = (37 + 38 + 39 + 39 + 40) / 5 = 38,6 \text{ (мм)} = 39 \text{ (мм)}$$

Результаты вычислений округляем до целых, так как именно с точностью до целых мы проводили измерения.

Задание 1.8

Воспользуйтесь мерной лентой и, опираясь на принцип среднего, измерьте размеры стола, рассчитайте его площадь.

	a, мм	b, мм	$S = a_{\text{cp}} \cdot b_{\text{cp}}, \text{ мм}^2$
1			
2			
3			
4			
5			
среднее			

4. Погрешность измерений

Рассмотрим измерение веса одного и того же предмета с использованием двух динамометров. Сначала подвесим лапку от штатива к динамометру с пределом измерения 4 Н и ценой деления $C = 0,1$ Н. Вес лапки от штатива равен $P_1 = 2,6$ Н (фото 1.21).

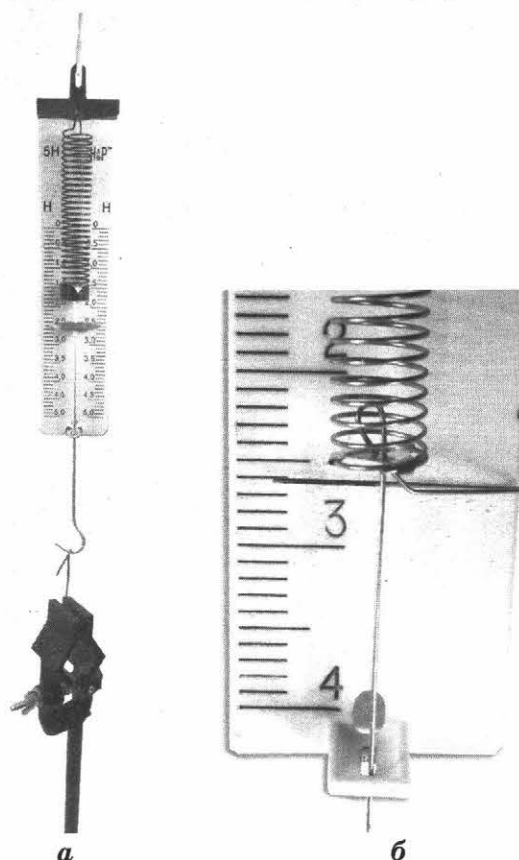


Фото 1.21

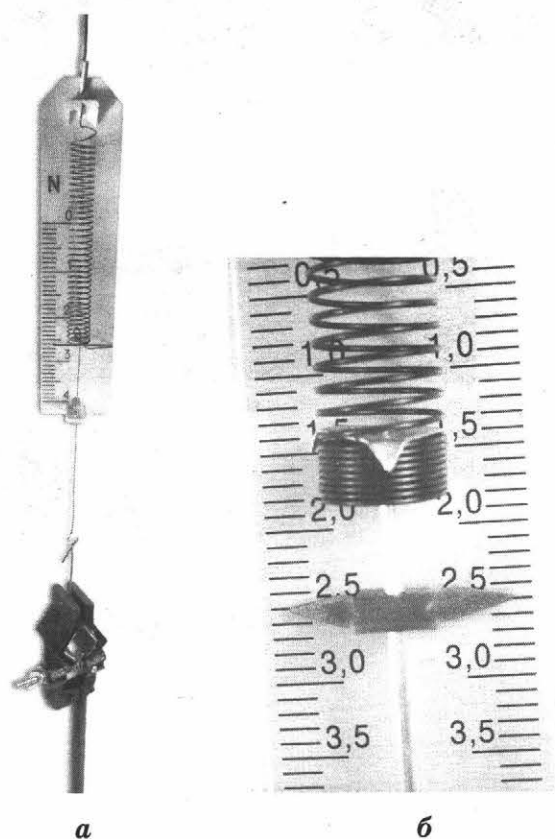
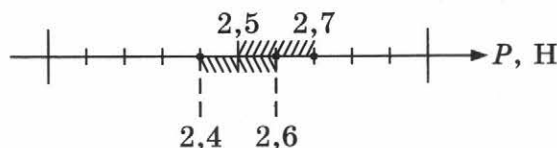


Фото 1.22

Воспользуемся теперь динамометром с пределом измерения 5 Н и такой же ценой деления (фото 1.22): вес лапки от штатива оказался равным $P_2 = 2,5$ Н.

Чему же равен вес лапки? Для ответа на этот вопрос надо учесть, что любые измерения сопровождаются погрешностями. В паспортах динамометров, которые используются на ОГЭ, указано, что погрешность прямого измерения силы этими динамометрами не больше $\Delta F = 0,1$ Н. Таким образом, по результатам первого опыта можно записать, что $P_1 = (2,6 \pm 0,1)$ Н, а по результатам второго опыта: $P_2 = (2,5 \pm 0,1)$ Н.

Интервалы $[2,5 \text{ Н} \div 2,7 \text{ Н}]$ и $[2,4 \text{ Н} \div 2,6 \text{ Н}]$ пересекаются. Измерения вполне согласуются друг с другом:



По результатам измерений можно делать только вероятностные заключения. На вопрос «Чему равен вес лапки от штатива, если опираться на проведённые измерения?» целесообразно отвечать так: «Вес лапки от штатива не меньше 2,4 Н и не больше 2,7 Н и, вероятнее всего, находится в интервале от 2,5 Н до 2,6 Н».

Результат прямого измерения величины x записывается в виде интервала: $x = x_{\text{изм}} \pm \Delta x$.

Задание 1.9

Погрешность прямого измерения объёма жидкости мерным цилиндром (см. фото 1.23) равна $\Delta V = 2$ мл. Сколько воды налито в мерный цилиндр?

Ответ запишите в форме $V = V_{\text{изм}} \pm \Delta V$ и изобразите его на числовой оси.

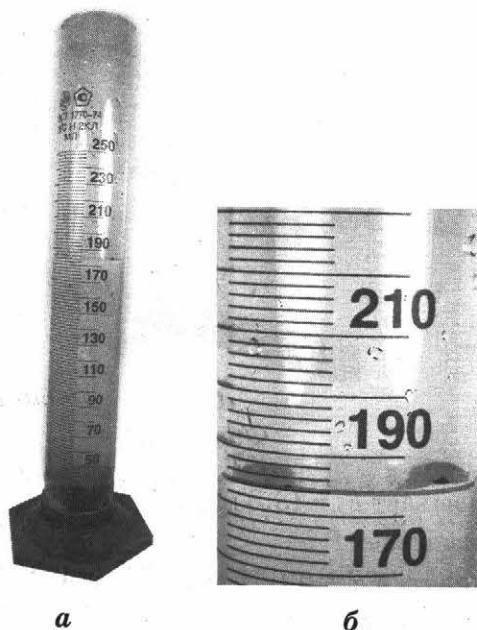
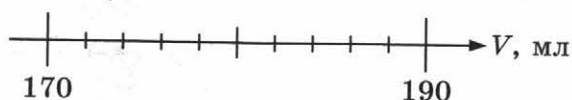
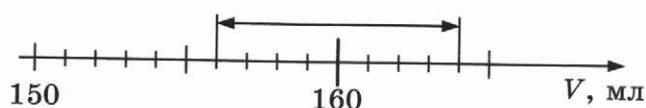


Фото 1.23



Рассмотрим случай, когда в мерный цилиндр сначала налили воды $V_1 = (100 \pm 2)$ мл, а затем $V_2 = (60 \pm 2)$ мл. Следовательно, сначала налили воды не меньше 98 мл, но не больше 102 мл, а потом долили воды не меньше 58 мл, но не больше 62 мл. В результате можно лишь заключить, что в цилиндре воды не меньше $(98 + 58) = 156$ мл, но не больше $(102 + 62) = 164$ мл. Изобразим это на числовой оси:



Мы видим, что при сложении измеренных значений абсолютные погрешности складываются.

Задание 1.10

Молоток подвесили на два динамометра (фото 1.24). Погрешность прямого измерения силы каждым из них равна $\Delta F = 0,1$ Н. Запишите вес молотка. Изобразите результат на числовой оси.

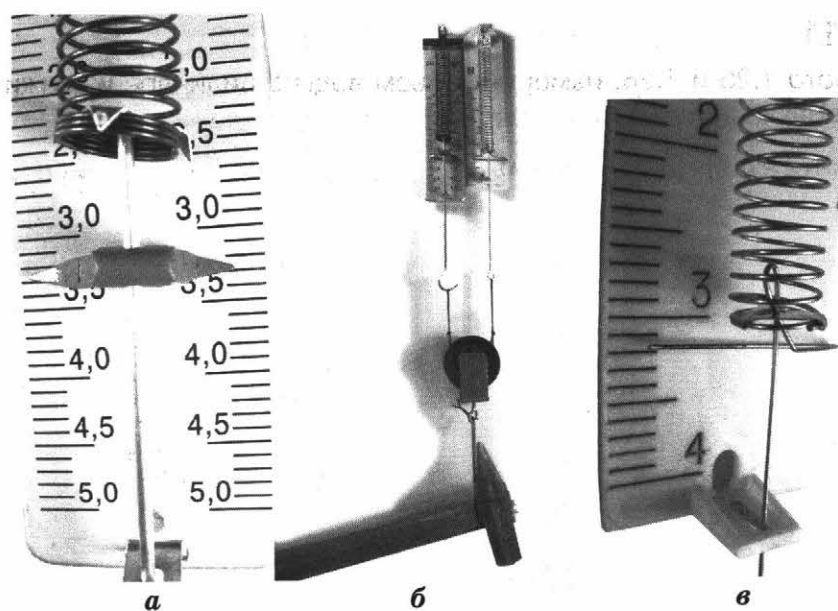


Фото 1.24

Левый динамометр показывает $F_1 = (3,3 \pm 0,1) \text{ Н}$.

Правый динамометр показывает $F_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

Приблизительный вес молотка $P = 6,6 \text{ Н}$ либо $P = 6,4 \text{ Н}$.

Определим интервал на числовой оси.

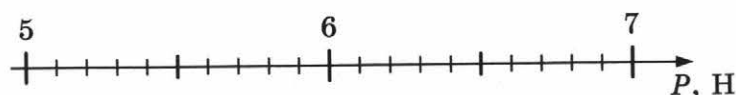
Нижняя граница равна сумме наименьших значений показаний каждого динамометра:

$$P_{\text{н.г.}} = 3,2 + 3,1 = 6,3 \text{ (Н)}.$$

Верхняя граница равна сумме наибольших значений показаний динамометров:

$$P_{\text{в.г.}} = 3,4 + 3,3 = 6,7 \text{ (Н)}.$$

Изобразите результат на числовой оси:

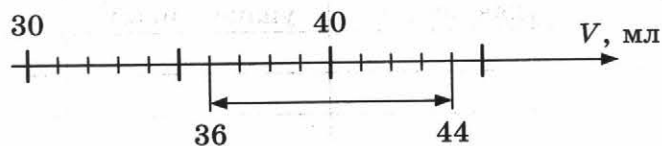


Часто приходится вычитать измеренные значения.

Например, в измерительный сосуд налили воду $V_1 = (100 \pm 2) \text{ мл}$, а затем из сосуда отлили $V_2 = (60 \pm 2) \text{ мл}$ воды. Сколько же воды осталось?

Так как $V_1 = (100 \pm 2) \text{ мл}$, то в измерительном цилиндре могло оказаться 98 мл. Поскольку $V_2 = (60 \pm 2) \text{ мл}$, то отлить из цилиндра могли и 62 мл. Таким образом, в сосуде осталось не меньше 36 мл. Но могло быть налито 102 мл воды, а отлито 58 мл. Остаться в сосуде больше чем 44 мл воды, не могло.

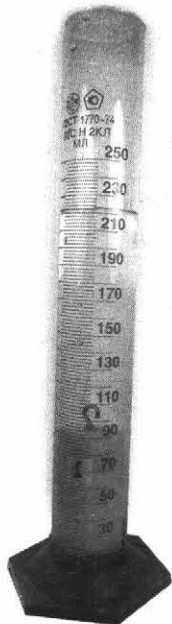
Изобразим это на числовой оси:



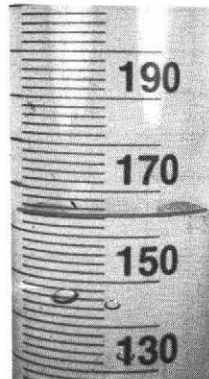
При вычитании измеренных значений абсолютные погрешности складываются.

Задание 1.11

Пользуясь фото 1.25 и 1.26, измерьте объём воды в цилиндре и укажите его с учётом погрешности.



а

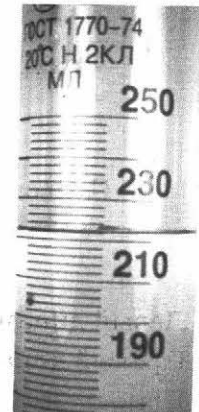


б

Фото 1.25



а



б

Фото 1.26

Фото 1.25: _____

Фото 1.26: _____

Важное замечание: при выполнении экспериментального задания № 23 на ОГЭ результаты прямых измерений можно записывать без указания погрешностей.

§2. Определение численных значений физических величин на основе прямых измерений

1. Плотность вещества

1.1. Домашняя подготовка

Задание 1.12

Сравните среднюю плотность сыпучих продуктов — сахарного песка, муки, различных круп.

Продукты	Масса упаковки, г	Объём упаковки, см ³	Плотность, г/см ³

Вывод: _____

Задание 1.13

Пользуясь линейкой, измерьте размеры упаковки сахара-рафинада, сливочного масла и определите плотность продуктов.

Вещество	Масса, г	Размеры, см		Объём, см ³	Плотность, г/см ³
Сахар-рафинад		<i>a</i>			
		<i>b</i>			
		<i>c</i>			
Сливочное масло		<i>a</i>			

1.2. Экспериментальные задания

Задание 1.14

Определите плотность алюминия, пользуясь результатами измерений, представленными на фото 1.27–1.29.



Фото 1.27

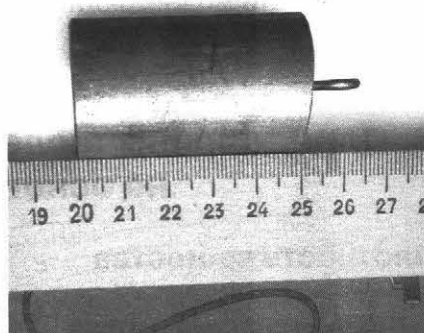


Фото 1.28

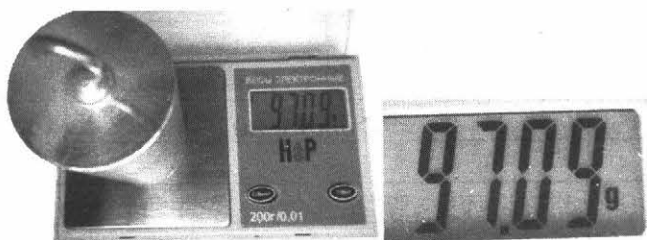


Фото 1.29

По фотографиям видно:

Из фото 1.27 — диаметр цилиндра $D = (30 \pm 1) \text{ мм} = (3,0 \pm 0,1) \text{ см}$.

Из фото 1.28 — высота цилиндра $h = (49 \pm 1) \text{ мм} = (4,9 \pm 0,1) \text{ см}$.

Из фото 1.29 — масса цилиндра $m = (97,09 \pm 0,01) \text{ г}$.

Так как плотность равна $\rho = m / V$, а масса известна по результатам прямых измерений, то надо рассчитать объём цилиндра:

$$V = S \cdot h = (\pi D^2 / 4) \cdot h.$$

Рассчитываем объём с помощью калькулятора: $V = 34,6185 \text{ см}^3$. Это значение округляется до десятых, так как все измерения проводились с погрешностью 0,1 см: $V = 34,6 \text{ см}^3$. Плотность алюминия равна

$$\rho = 97,09 \text{ г} / 34,6 \text{ см}^3 \approx 2,8 \text{ г/см}^3.$$

Задание 1.15. (Необходимое оборудование выдаёт учитель.)

Используя способ измерения плотности, применённый в задании 1.14, определите плотность стали.

$D, \text{ см}$	$h, \text{ см}$	$V, \text{ см}^3$	$m, \text{ г}$	$\rho, \text{ г/см}^3$

Задание 1.16. Экзаменационное задание (пример выполнения).

Приведём возможный вариант формулировки задания.

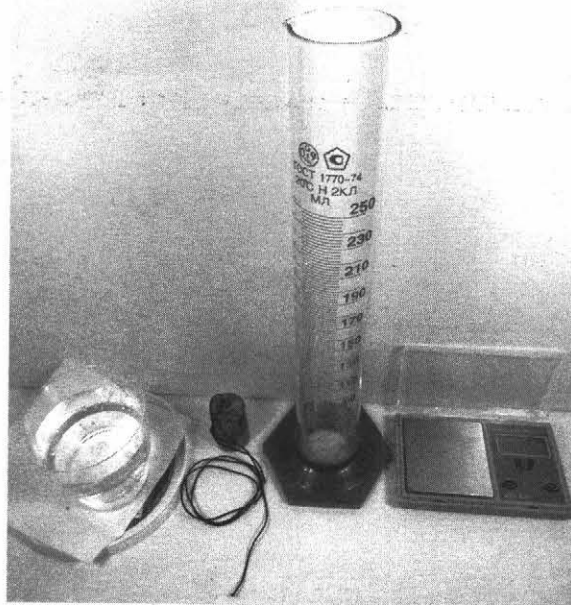


Фото 1.30

Используя весы, мерный цилиндр, стакан с водой, латунный цилиндр, соберите экспериментальную установку для измерения плотности латуни. Определите плотность латуни (фото 1.30).

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы тела и его объёма;
- 4) укажите числовое значение плотности латуни.

Результаты измерений представлены на фото 1.31–1.33.

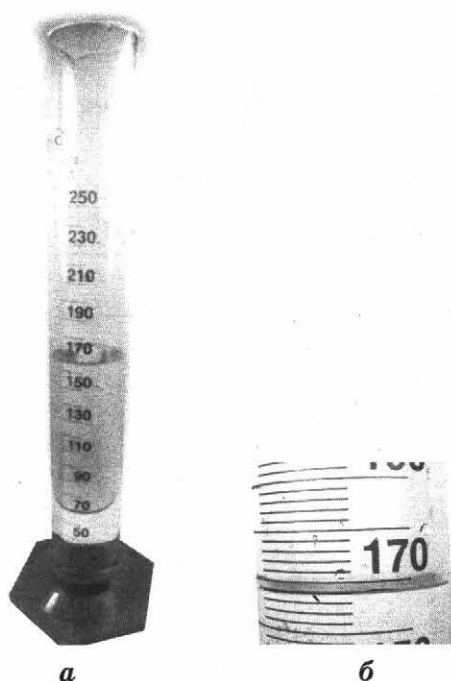


Фото 1.31

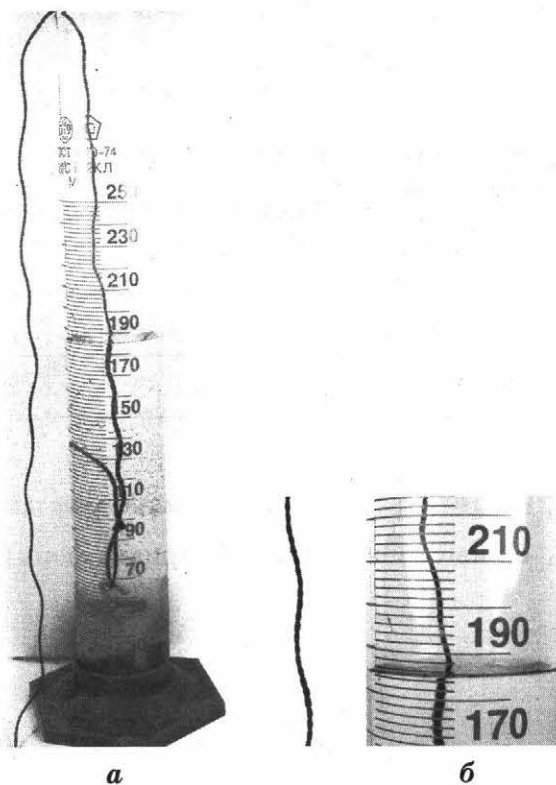


Фото 1.32



а

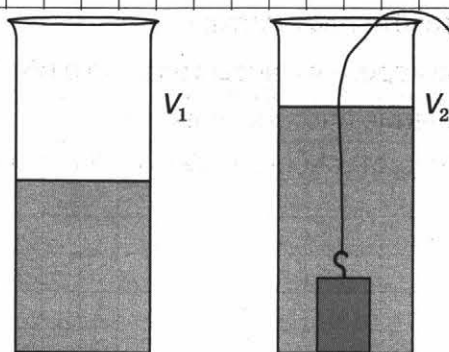


б

Фото 1.33

Краткий отчёт

1) Схема установки:



2) Формулы для расчёта:

$$\text{Плотность } \rho = \frac{m}{V}$$

$$V = V_2 - V_1$$

3) Результаты измерений:

$$m = 150,19 \text{ г} \approx 150 \text{ г}$$

$$V_1 = 186 \text{ мл} = 186 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 168 \text{ мл} = 168 \text{ см}^3$$

$$V = 186 \text{ мл} - 168 \text{ мл} = 18 \text{ мл} = 18 \text{ см}^3$$

$$4) \rho = \frac{150 \text{ г}}{18 \text{ см}^3} \approx 8,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \approx 8 \text{ г/см}^3$$

Задание 1.17. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение).

Приведём возможный вариант формулировки задания.

Используя весы, мерный цилиндр, стакан с водой, металлический цилиндр, соберите экспериментальную установку для измерения плотности латуни. Определите вещество, из которого изготовлен металлический цилиндр.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки для определения объёма тела;
- 2) запишите формулу расчёта плотности;
- 3) укажите результаты измерения массы тела и его объёма;
- 4) укажите числовое значение плотности вещества цилиндра.

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:

2) Формулы для расчёта:

Плотность $\rho =$

$V =$

3) Результаты измерений:

$m =$

$V =$

4) $\rho \approx$

2. Жёсткость пружины

2.1. Домашняя подготовка

Задание 1.18

Оцените жёсткость пружины кресла на детской площадке, если масса мальчика Тимофея, сидящего на нём (фото 1.34), равна 20 кг.

Измерения длины недеформированной пружины кресла можно определить по фото 1.35.

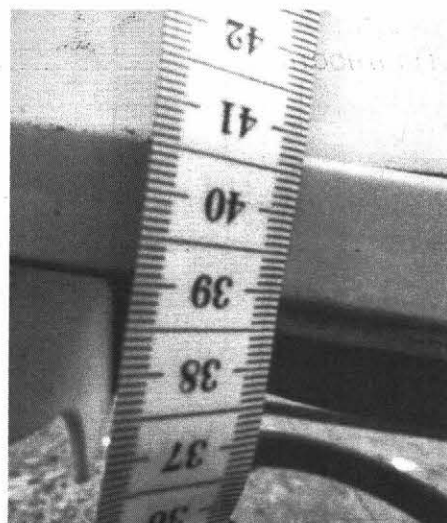
Длину пружины кресла (или её сжатие) после того, как на кресле расположился Тимофей, можно определить по фото 1.36.



Φοτο 1.34

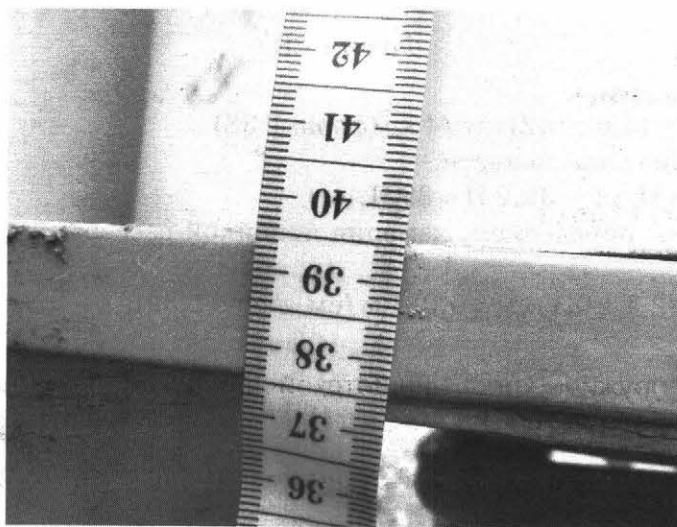


a



b

Φοτο 1.35



Φοτο 1.36

Δl	
$k = \frac{mg}{\Delta l}$	

Задание 1.19

На фото 1.37 изображён безмен (пружинные весы). К нему подвесили канистру с водой (фото 1.38). Чему равна жёсткость пружины весов, если правая шкала проградуирована в кг, а левая — в фунтах?

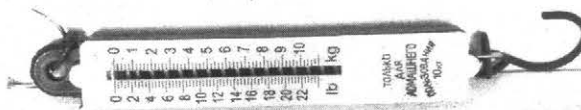
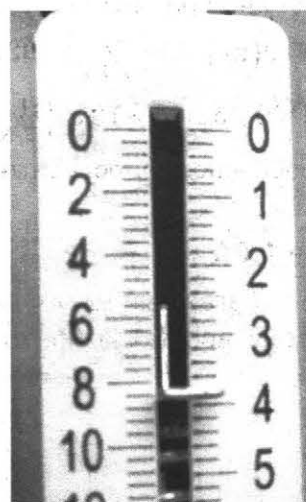


Фото 1.37



а



б

Фото 1.38

Способ 1.

Масса канистры $m = (4,0 \pm 0,2)$ кг ≈ 4 кг (фото 1.38).

Сила упругости равна силе тяжести:

$$F = mg = 4,0 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ Н/кг} = 39,2 \text{ Н} \approx 39 \text{ Н}.$$

Удлинение пружины определяем, измерив линейкой расстояние от 0 до 4 кг на пружинных весах (фото 1.39):

$$|\Delta l| = (21 \pm 1) \text{ мм} = (2,1 \pm 0,1) \text{ см} \approx 0,021 \text{ м (см. фото 1.39)}.$$

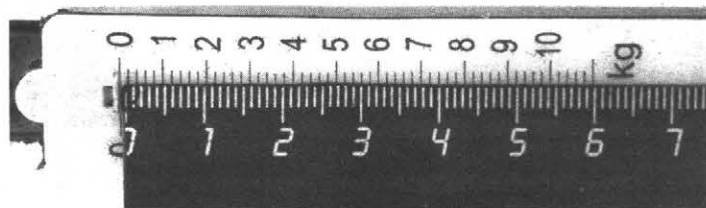


Фото 1.39

Находим жёсткость: $k = \frac{F}{\Delta l} = (39 \text{ Н}) / (0,021 \text{ м}) = 1857 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$

Способ 2.

Можно определить жёсткость пружины без всякого груза: зачем вообще подвешивать груз, когда шкала уже проградуирована?

Достаточно просто измерить линейкой расстояние от штриха «0» до любого штриха, например «10 кг» (фото 1.40–1.41).

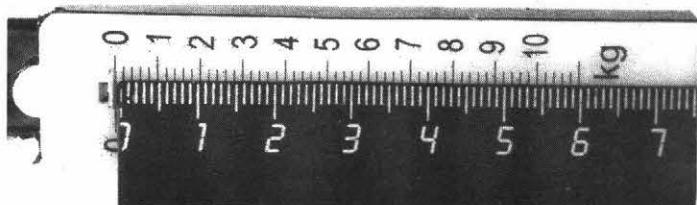


Фото 1.40

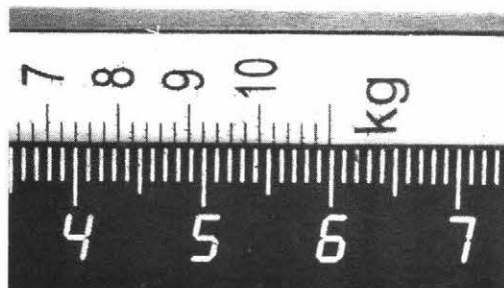


Фото 1.41

Это расстояние равно $(54 \pm 1) \text{ мм} \approx 5,4 \text{ см} = 0,054 \text{ м}$.

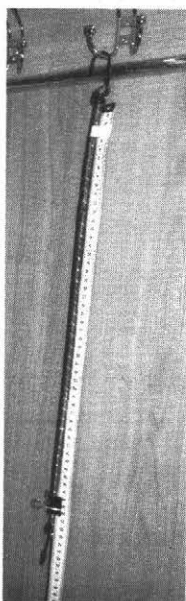
$$F = mg \approx 10(\text{кг}) \cdot 9,8 \left(\frac{\text{Н}}{\text{кг}}\right) = 98(\text{Н})$$

$$k = 98(\text{Н}) / 0,054(\text{м}) \approx 1815 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$$

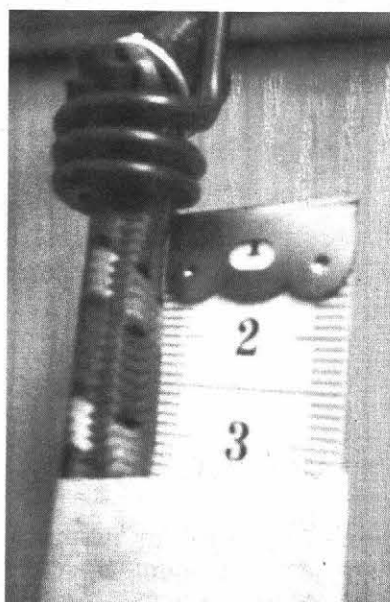
Оба способа дают сопоставимые результаты.

Задание 1.20

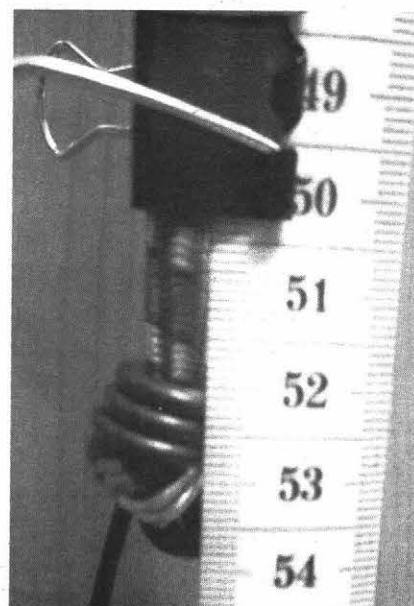
Закрепите багажный шнур, например так, как показано на фото 1.42. Подвесьте к шнуру канистру с водой массой 4 кг (фото 1.43). Оцените жёсткость шнура.



а

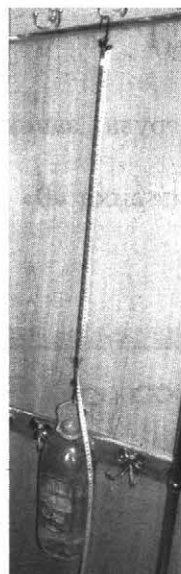


б



в

Фото 1.42



a



б

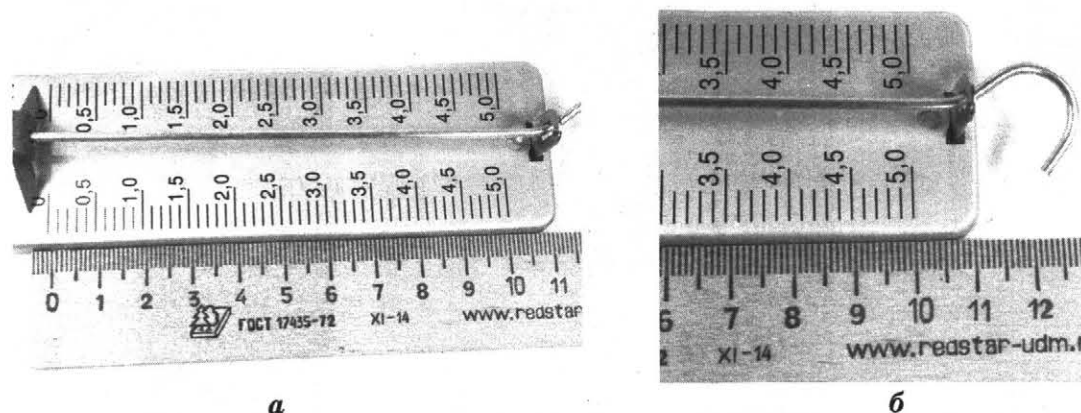
Фото 1.43

Длина ненагруженного образца	
Длина нагруженного образца	
Удлинение образца	
Масса подвешенного груза	
Жёсткость	

2.2. Экспериментальные задания

Задание 1.21

Определите жёсткость пружины динамометра с пределом измерения 5 Н (по фото 1.44).



a

б

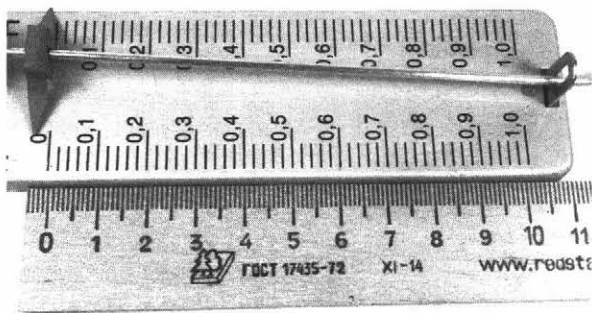
Фото 1.44

Из фотографий видно, что удлинение пружины от штриха «0» до штриха «5 Н» равно $\Delta l = (100 \pm 1) \text{ мм} \approx 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$.

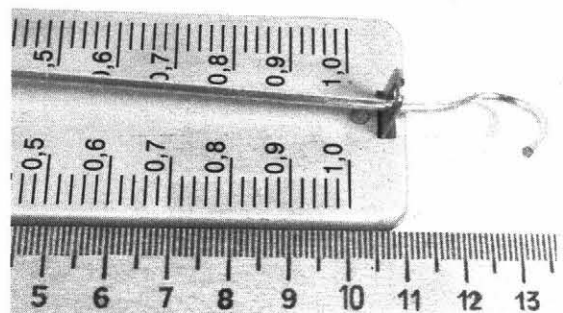
Жёсткость пружины равна $k = F / \Delta l = (5 \text{ Н}) / (0,1 \text{ м}) = 50 \text{ Н/м}$.

Задание 1.22

Определите жёсткость пружины динамометра с пределом измерения 1 Н по фото 1.45.



а



б

Фото 1.45

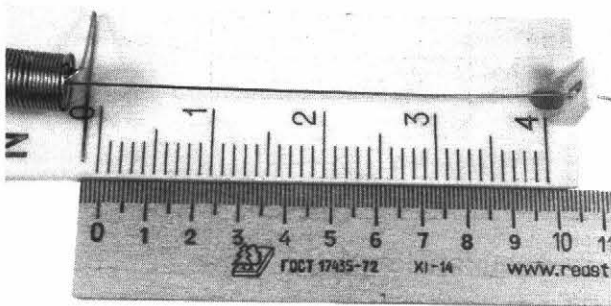
$F =$ _____

$\Delta l =$ _____

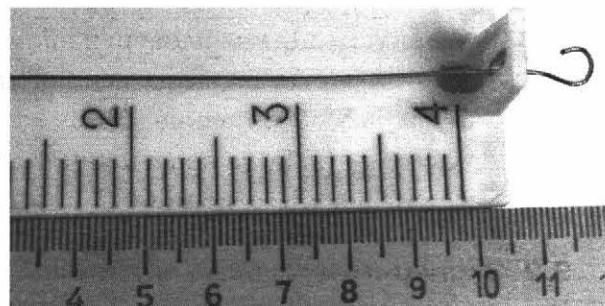
$k =$ _____

Задание 1.23

Определите жёсткость пружины динамометра с пределом измерения 4 Н по фото 1.46.



а



б

Фото 1.46

Задание 1.24. Экзаменационное задание (пример выполнения).

Возможная формулировка задания приведена ниже.

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и два груза, соберите экспериментальную установку для измерения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней два груза. Для измерения веса груза воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите числовое значение жёсткости пружины.

При выполнении этого задания могут использоваться пружины, представленные на фото 1.47, а также приборы для измерения жёсткости — пружина на шкале с ценой деления 1 мм (фото 1.48).

Для растяжения пружины используются грузы массой (100 ± 2) г разного типа (фото 1.49).

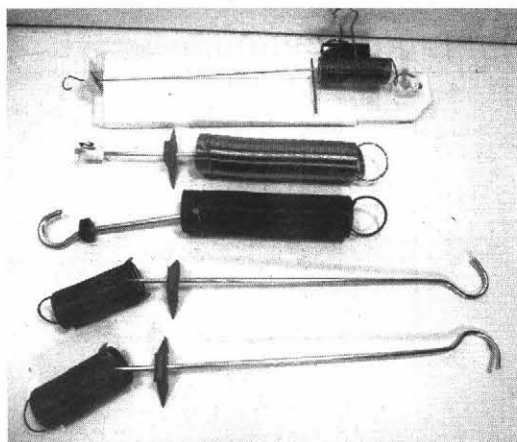


Фото 1.47

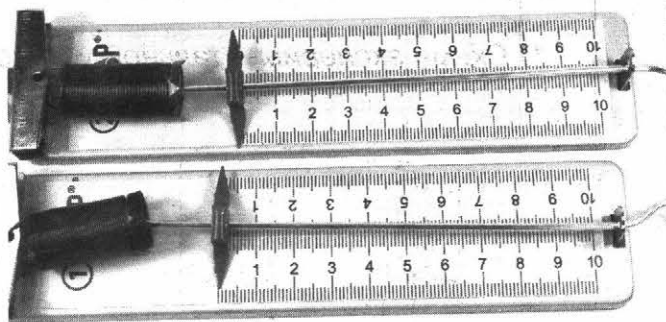


Фото 1.48

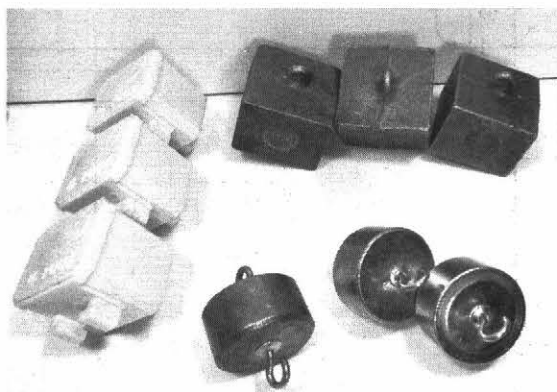
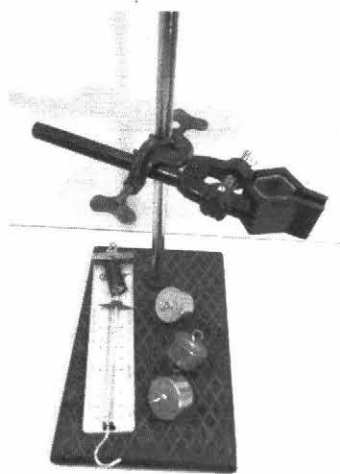


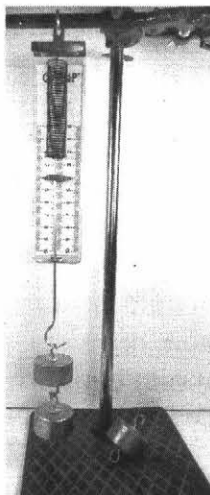
Фото 1.49

Вариант 1. С использованием прибора для измерения жёсткости.

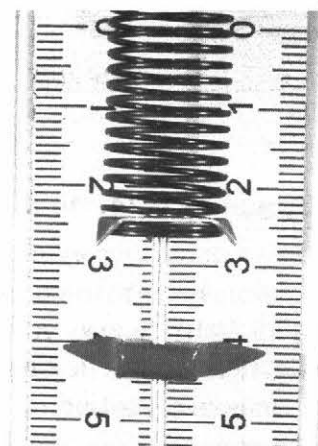
Измерительная установка приведена на фото 1.50.



а



б



в

Фото 1.50

Из фотографии видно, что при подвешивании двух грузов массой (100 ± 2) г пружина растянулась на $\Delta l = (4,0 \pm 0,1)$ см.

Сила упругости равна силе тяжести:

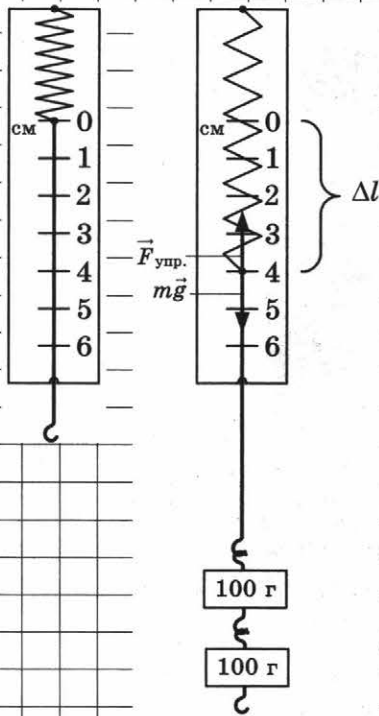
$$F_{\text{упр}} = 0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 1,96 \text{ Н} \approx 2 \text{ Н.}$$

Пользуясь законом Гука $F = k \cdot \Delta l$, находим жёсткость

$$k = (2 \text{ Н}) / (0,04 \text{ м}) = 50 \text{ Н/м.}$$

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:



2) Формулы для расчёта:

$$F_{\text{упр.}} = mg;$$

Закон Гука

$$k = \frac{F_{\text{упр.}}}{\Delta l}$$

3) Результаты прямых измерений:

$$F_{\text{упр.}} = 1,96 \text{ Н} \approx 2 \text{ Н}$$

4) Жёсткость пружины:

$$k = \frac{2 \text{ Н}}{0,04 \text{ м}} = 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Вариант 2. Определение жёсткости пружины на основе прямого измерения её удлинения.

Измерительная установка приведена на *фото 1.51*.

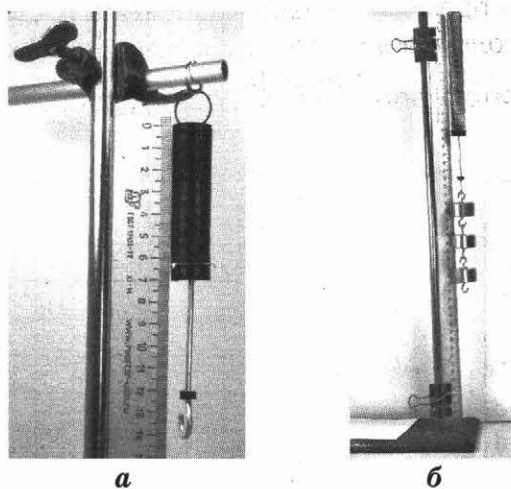


Фото 1.51

Сначала необходимо измерить длину нерастянутой пружины l_1 .

Из *фото 1.52* видно, что $l_0 = (63 \pm 1)$ мм ≈ 63 мм.

Будьте внимательны: часть пружины от места крепления крючка до торца пружины не деформируется при подвешивании грузов. Следовательно, значение $l_0 = 70$ мм неверное.

После подвешивания к пружине трёх грузов массой (100 ± 2) г измеряем длину деформированной пружины:

$$l = (142 \pm 2) \text{ мм} \approx 142 \text{ мм.}$$

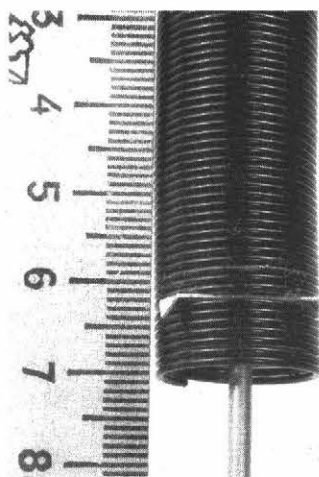


Фото 1.52

Итак, при подвешивании трёх грузов деформация пружины равна $\Delta l = l - l_0 = (142 - 63)$ мм = 79 мм = 0,079 м.

Масса трёх грузов равна $m = (300 \pm 6)$ г = $(0,300 \pm 0,006)$ кг $\approx 0,3$ кг.

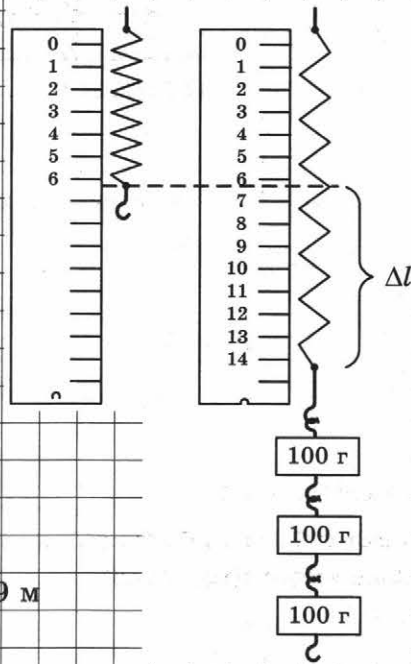
Сила тяжести $F = 0,3 \cdot 9,8$ Н ≈ 3 Н.

Сила упругости равна по модулю силе тяжести: $F_{\text{упр.}} \approx 3$ Н.

Жёсткость равна $k = (3 \text{ Н}) / (0,079 \text{ м}) = 38 \text{ Н/м}$.

Краткий отчёт

1) Схема установки:



2) Формулы для расчёта:

$$F_{\text{упр.}} = mg;$$

Закон Гука $F_{\text{упр.}} = k \cdot \Delta l;$

$$k = \frac{F_{\text{упр.}}}{\Delta l} = \frac{mg}{\Delta l}$$

3) Результаты прямых измерений:

$$\Delta l = 142 \text{ мм} - 63 \text{ мм} = 79 \text{ мм} = 0,079 \text{ м}$$

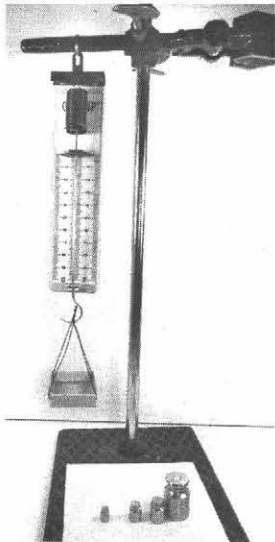
$$m = 300 \text{ г} = 0,3 \text{ кг}$$

$$F_{\text{упр.}} = 0,3(\text{кг}) \cdot 9,8 \left(\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \right) \approx 3 \text{ Н}$$

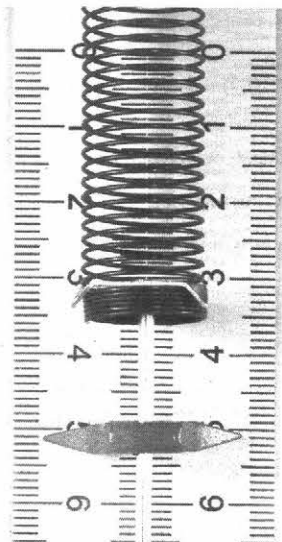
4) $k = \frac{3(\text{Н})}{0,079(\text{м})} = 38 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Задание 1.25. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

Измерьте жёсткость пружины № 1 с использованием прибора для исследования деформации (фото 1.53–1.54). Масса груза 100 г.

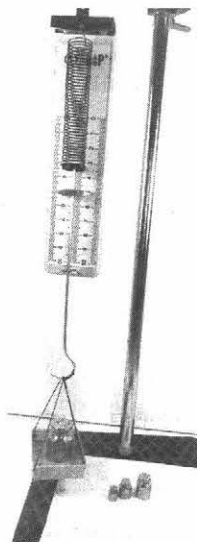


а

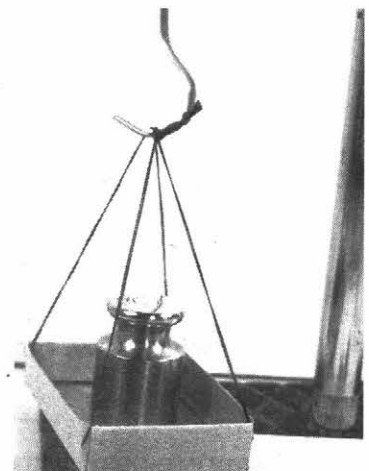


б

Фото 1.53



а



б

Фото 1.54

Краткий отчёт

1) Схема измерительной установки:

2) Формулы для расчёта:

$$F_{\text{упр.}} =$$

Закон Гука $F_{\text{упр.}} =$ _____

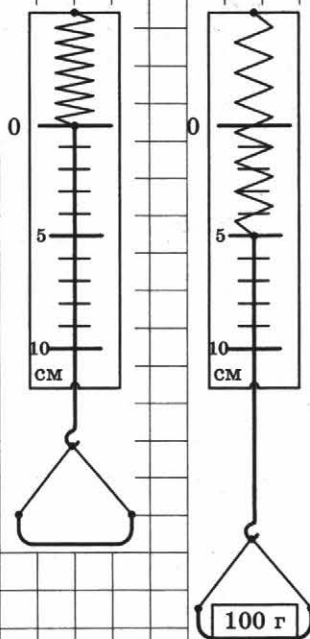
Жёсткость

$$k =$$

3) Результаты измерений:

Δl	m	$F_{\text{упр.}}$

4) $k =$ _____



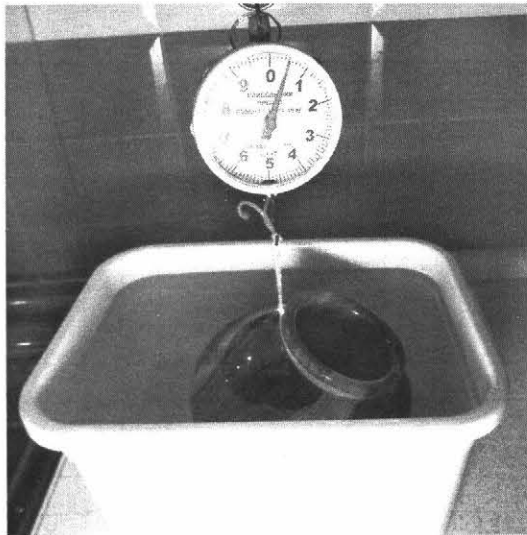
Задание 1.26. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаёт учитель.

Возможная формулировка задания приведена ниже.

Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и два груза, соберите экспериментальную установку для измерения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней два груза. Для измерения веса груза воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса груза и удлинения пружины;
- 4) запишите числовое значение жёсткости пружины.



а



б

Фото 1.56

По фото 1.55 видно, что вес вазы в воздухе равен

$$P_1 = 2,1 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ Н/кг} = 21 \text{ Н.}$$

После опускания вазы в воду её вес (фото 1.56) равен

$$P_2 = 0,6 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ Н/кг} = 6 \text{ Н.}$$

$$F_A = P_1 - P_2 = 15 \text{ Н.}$$

Выталкивающая сила равна $F = 15 \text{ Н.}$

3.2. Экспериментальные задания

Лабораторное оборудование

Для выполнения задания ОГЭ № 23 по исследованию архимедовой силы используются наборы, составленные из оборудования, представленного на фото 1.57.

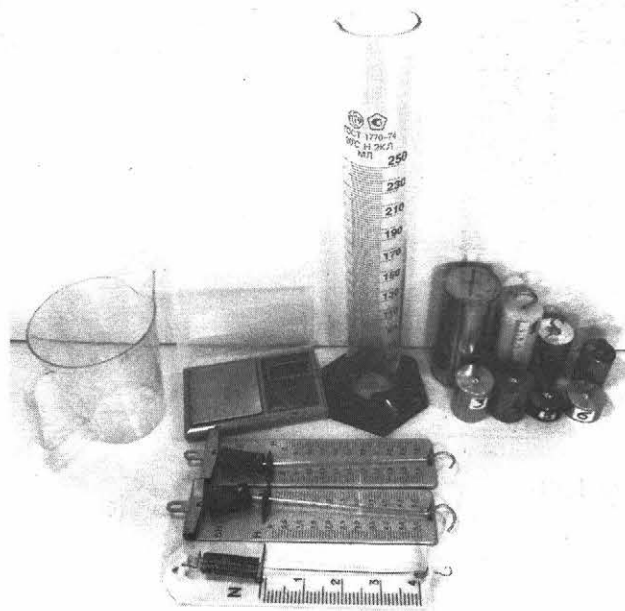


Фото 1.57

Задание 1.28

Измерьте выталкивающую силу, действующую на цилиндр № 3.

Возможные измерительные установки представлены на фото (1.58–1.59). Вес цилиндра в воздухе — на фото 1.60; вес цилиндра в воде — на фото 1.61.



Фото 1.58

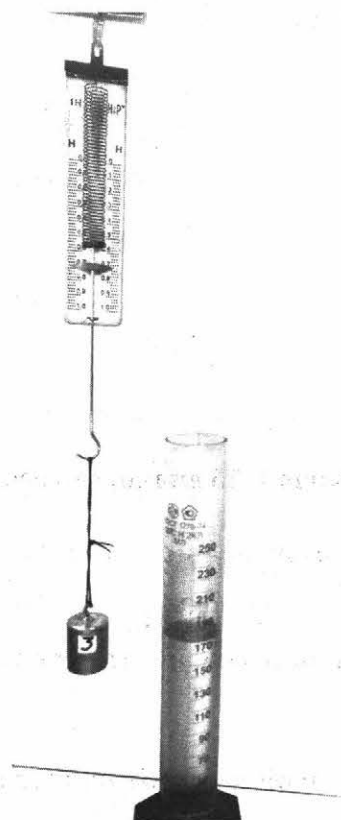


Фото 1.59

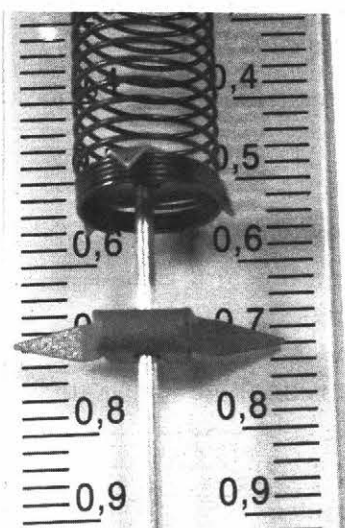


Фото 1.60

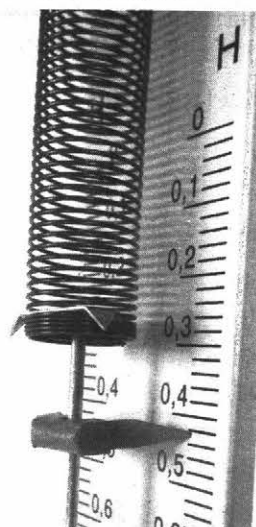


Фото 1.61

Вес цилиндра в воздухе, Н P_1	Вес цилиндра в воде, Н P_2	Выталкивающая сила, Н $F = (P_1 - P_2)$
0,70	0,42	0,28

$$F_{\text{выт.}} = 0,28 \text{ Н}$$

Сравним измеренное значение выталкивающей силы с весом воды, которую вытесняет тело (фото 1.62).

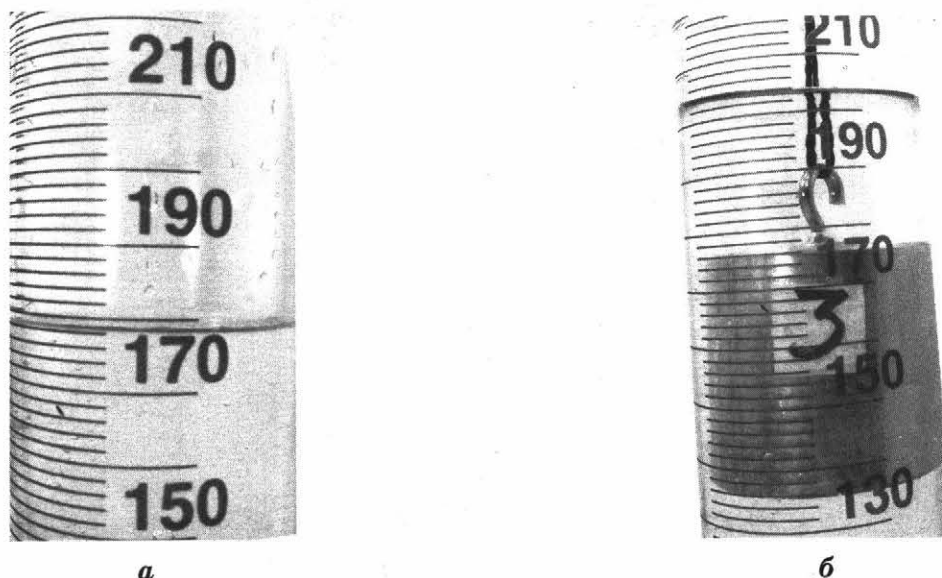


Фото 1.62

Заполним таблицу.

V_1 — объём воды в сосуде,

V_2 — объём воды в сосуде с цилиндром.

Выталкивающая сила F , Н	Объём тела, мл		
	V_1	V_2	$V = V_2 - V_1$
0,30	180	204	24

Вес вытесненной воды: $P_B = m_B \cdot g$

Масса вытесненной воды: $m = \rho_B \cdot V = 1 \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right) \cdot 24 (\text{см}^3) = 24 \text{ г} = 0,024 \text{ кг}$.

$P_B \approx 0,024 (\text{кг}) \cdot 10 \left(\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \right) = 0,24 \text{ Н}$ — значение веса вытесненной воды сопоставимо с выталкивающей силой.

Задание 1.29. Экзаменационное задание (пример выполнения по фото 1.63–1.64).

Используем цилиндр № 2 и динамометр с пределом измерения 1 Н.

Ниже приведена возможная формулировка этого задания.

Используя динамометр, стакан с водой, цилиндр № 2, соберите экспериментальную установку для определения выталкивающей силы (силы Архимеда), действующей на цилиндр.

В бланке ответов:

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

Вес цилиндра № 2 в воздухе равен $P_1 = 0,98 \text{ Н}$ (фото 1.63).

Вес цилиндра № 2 в воде равен $P_2 = 0,62 \text{ Н}$ (фото 1.64).

Выталкивающая сила равна $F_A = P_1 - P_2 = (0,98 - 0,62) \text{ Н} = 0,36 \text{ Н}$.

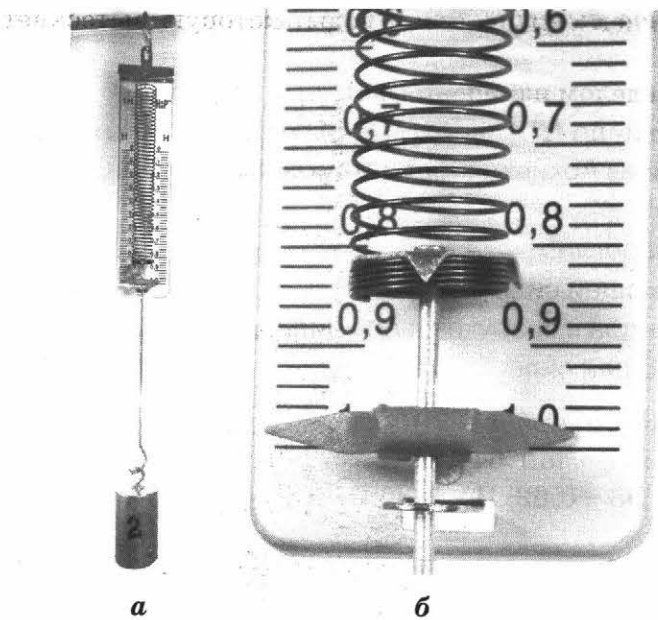


Фото 1.63

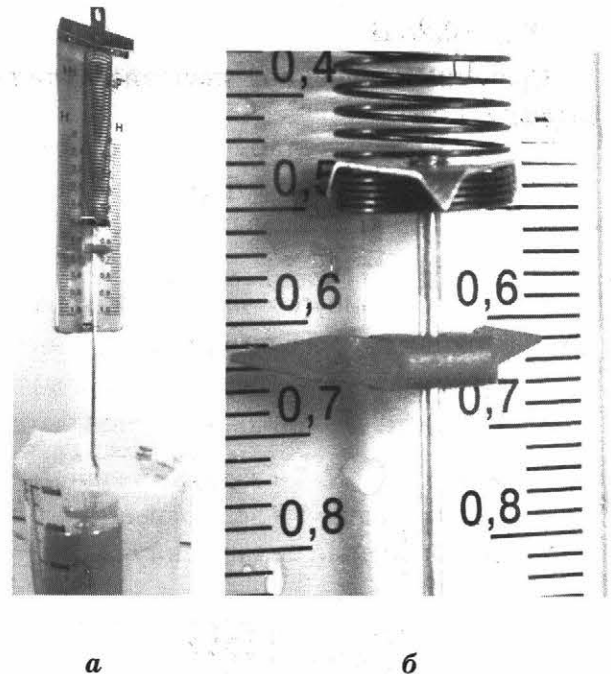
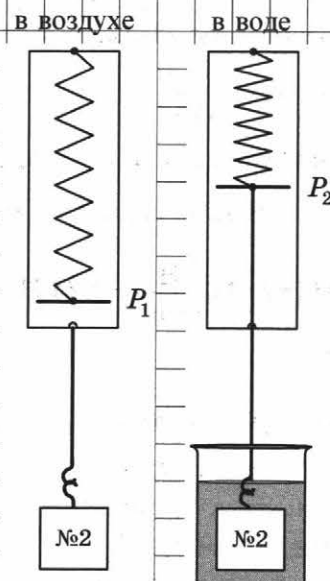


Фото 1.64

Краткий отчёт

1) Схема установки:



2) Формулы для расчёта:

Выталкивающая сила $F_A = P_1 - P_2$

3) Результаты измерений:

в воздухе $P_1, \text{Н}$	в воде $P_2, \text{Н}$	выталкивающая сила $F_A = P_1 - P_2, \text{Н}$
0,98	0,62	0,36

4) $F_A = 0,36 \text{ Н}$

Задание 1.31

Проведите измерения силы тяжести и силы трения и определите, пользуясь графиком, коэффициент трения.

В качестве движущегося по столу тела используем коробку с сахаром-рафинадом (фото 1.65). Нагружаем её разными грузами, измеряем силу трения.

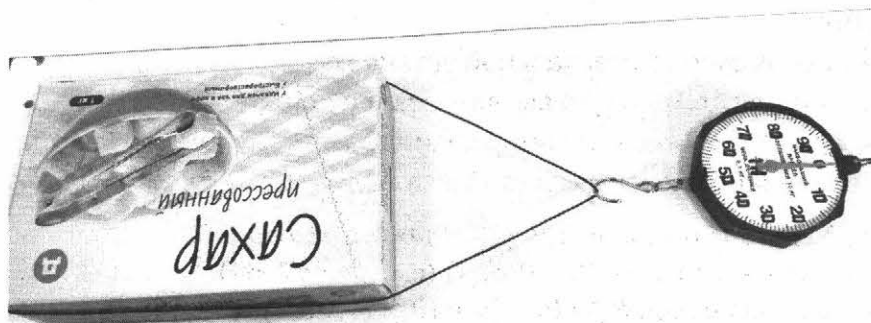
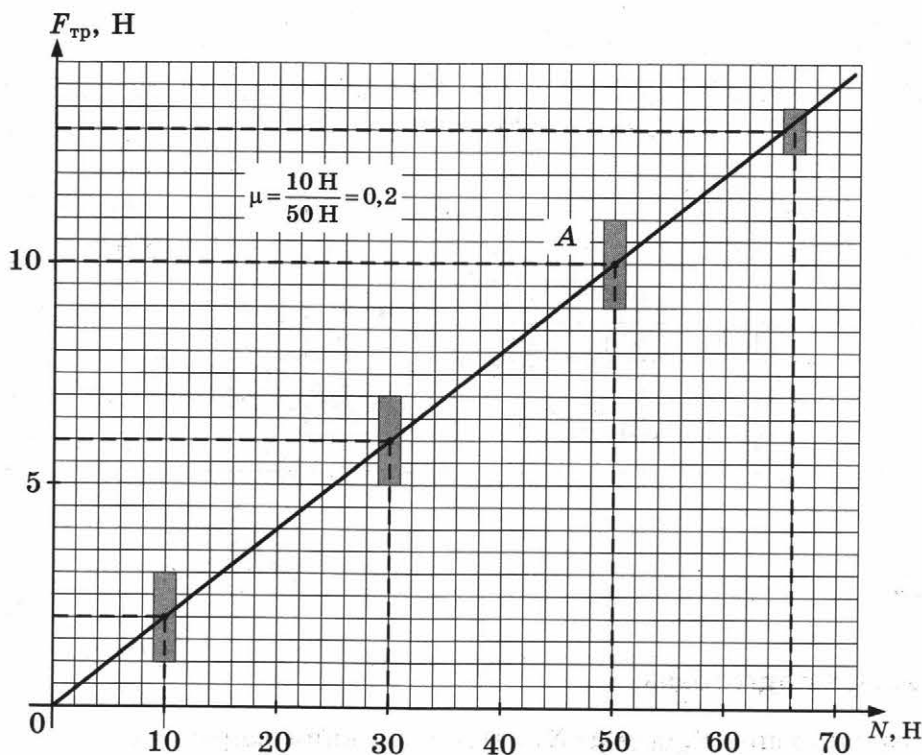


Фото 1.65

Результаты исследования приведены в таблице.

$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	$(2 \pm 1) \text{Н}$	$(6 \pm 1) \text{Н}$	$(10 \pm 1) \text{Н}$	$(13 \pm 1) \text{Н}$
$N, \text{Н}$	$(10 \pm 1) \text{Н}$	$(30 \pm 1) \text{Н}$	$(50 \pm 1) \text{Н}$	$(65 \pm 1) \text{Н}$

График приведён на рисунке:



Правила определения коэффициента пропорциональности при исследовании зависимости типа $y = kx$:

- 1) Результаты измерений отображают на плоскости (y, x) с учётом погрешностей.
- 2) Проводят прямую так, чтобы она проходила через точку 0 и через все «прямоугольники» результатов измерений.

- 3) При проведении прямой надо пользоваться прозрачной линейкой (фото 1.66).
 4) На прямой находят «удобную точку» и по её координатам находят коэффициент k .

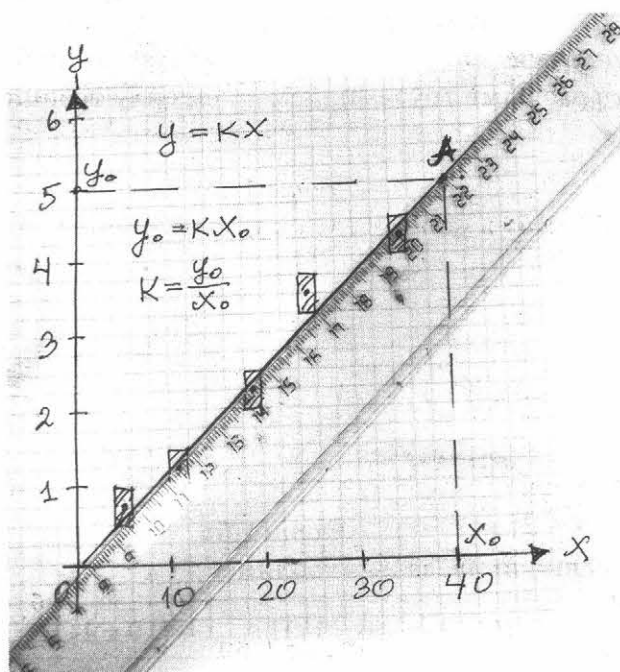


Фото 1.66

4.2. Экспериментальные задания

Лабораторное оборудование (фото 1.67): динамометры; бруски; каретка; грузы массой (100 ± 2) г; направляющие: деревянная, металлическая, пластиковая; материал для изменения характера трущихся поверхностей.

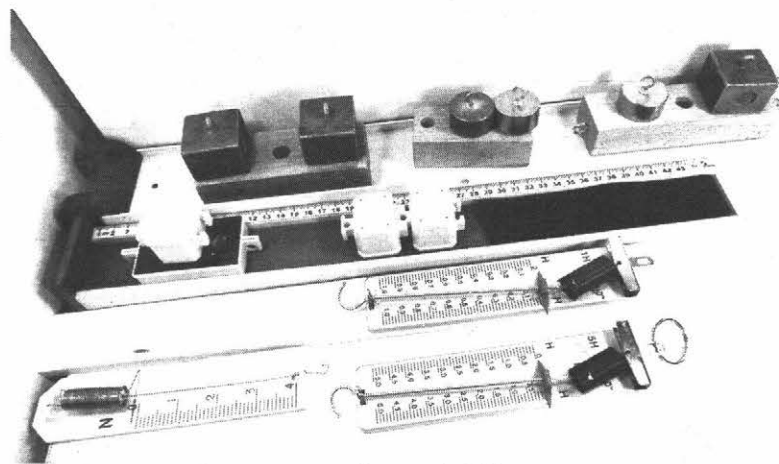


Фото 1.67

Задание 1.32

Измерение силы трения бруска с тремя грузами при его движении по поверхности «бархатной» бумаги.

Опыты представлены на фотографиях.

На фото 1.68 приведена установка по измерению силы трения бруска с тремя грузами при его движении по поверхности «бархатной» бумаги.

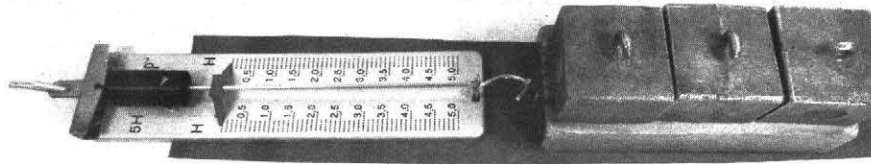


Фото 1.68

Используя фото (1.69–1.71), определите силу трения покоя для каждого случая.

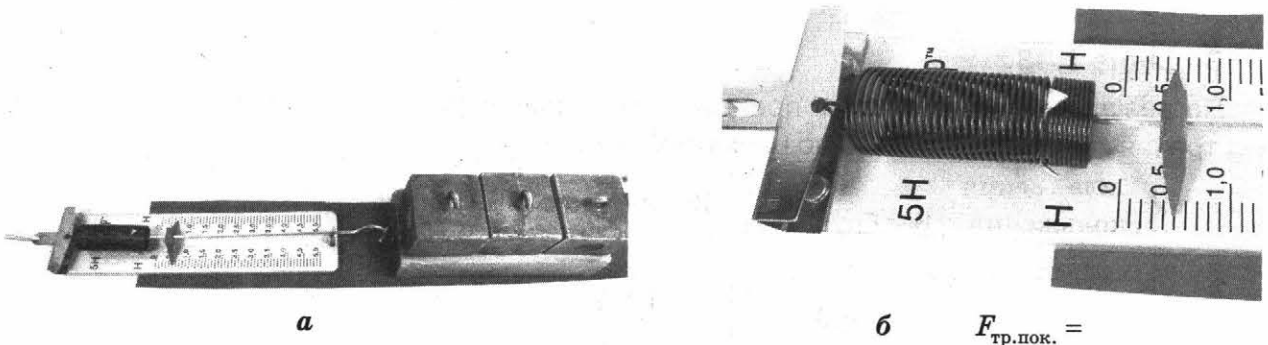


Фото 1.69

$F_{\text{тр. пок.}} =$

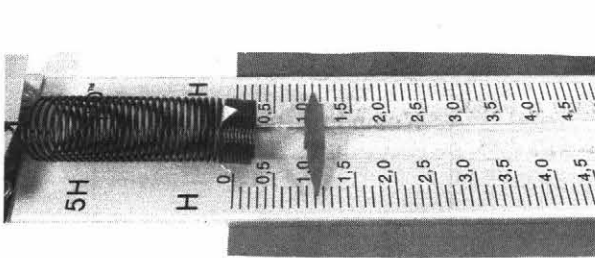


Фото 1.70

$F_{\text{тр. пок.}} =$

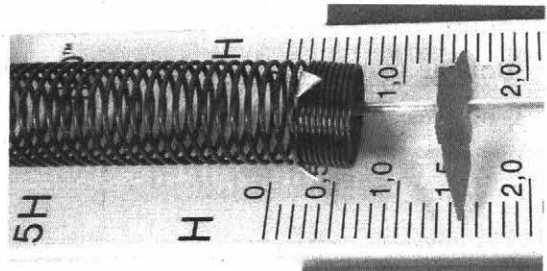


Фото 1.71

$F_{\text{тр. пок.}} =$

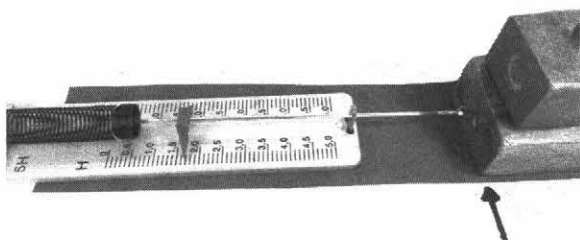
По фото 1.72 запишите критическое значение силы (в момент начала движения бруска).



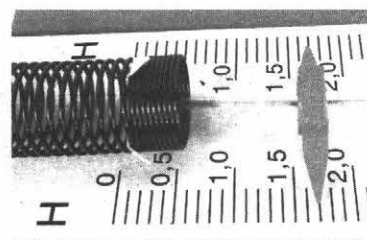
Фото 1.72

$F_{\text{тр. кр.}} =$

Пользуясь фото 1.73, запишите значение силы трения скольжения.



a



b

Фото 1.73

$$F_{\text{тр. ск.}} =$$

Задание 1.33

По результатам выполнения предыдущего задания (задание 1.32) определите коэффициент трения скольжения дерева по бархатной бумаге.

Сила трения скольжения, Н	Вес бруска, Н	Вес каждого груза, Н	Сила тяжести, Н	Коэффициент трения
	0,6	100 г 1,0 Н		

Задание 1.34

Измерьте силу трения между бруском и направляющей, которые имеются в вашем распоряжении.

Определите коэффициент трения скольжения.

Сила трения скольжения	Общий вес бруска и всех используемых грузов	Коэффициент трения

Задание 1.35

Измерьте силу трения между бруском, имеющимся в вашем распоряжении, и поверхностью стола.

Определите коэффициент трения скольжения.

Сила трения скольжения	Общий вес бруска и всех используемых грузов	Коэффициент трения

Задание 1.36. Экзаменационное задание (пример выполнения по фотографиям).

Используя каретку с крючком, динамометр, два груза, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для измерения коэффициента трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения веса каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки;
- 4) запишите числовое значение коэффициента трения скольжения.

Оборудование представлено на фото 1.74.

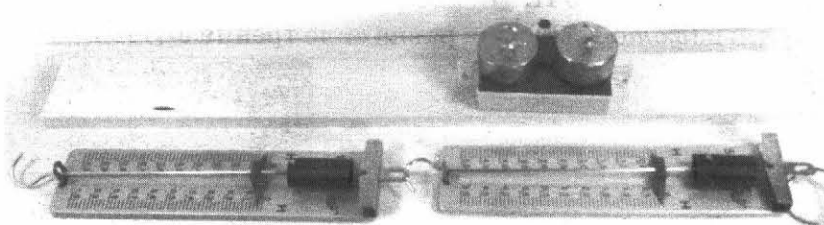
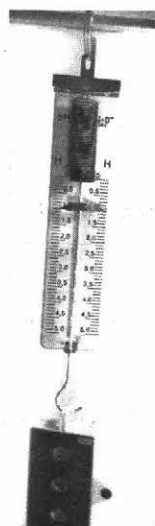
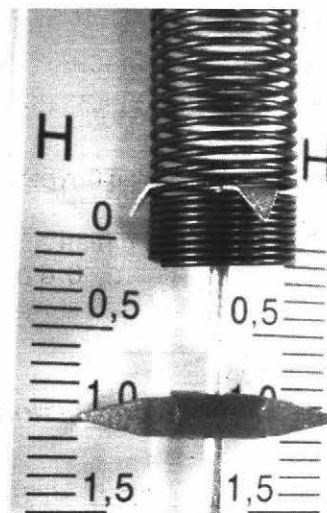


Фото 1.74

Способ 1. Если массы грузов известны, измеряем только вес каретки.



а



б

Фото 1.75

Масса каждого из грузов:

$$m_0 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг.}$$

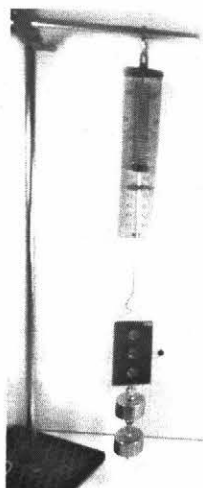
Вес каждого груза равен $P_0 = 1 \text{ Н.}$

Измеряем вес каретки (фото 1.75):

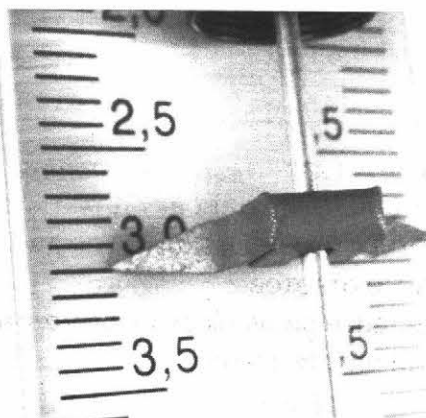
$$P_{\text{к}} = 1,0 \text{ Н.}$$

Общий вес равен $P_1 = 3 \text{ Н.}$

Способ 2. Если массы грузов известны, измеряем общий вес каретки и двух грузов (фото 1.76).



а



б

Фото 1.76

Целесообразно пользоваться вторым способом: проще, обходимся без вычислений, погрешность измерения меньше: $P = 3 \text{ Н}$.

Измеряем силу тяги (фото 1.77). Она равна силе трения скольжения.

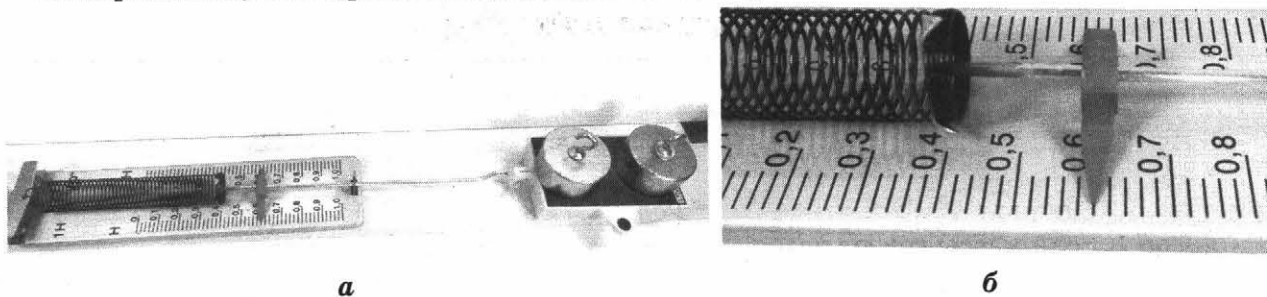


Фото 1.77

$$F_{\text{тяги}} \approx 0,62 \text{ Н}.$$

$$F_{\text{тр.}} = \mu \cdot N, \text{ где } N = P = mg.$$

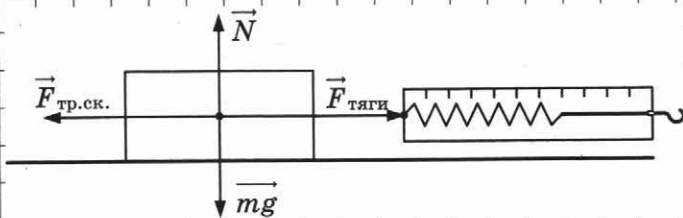
$$\text{В то же время } F_{\text{тр.}} = F_{\text{тяги}} \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{тяги}}}{P}.$$

Коэффициент трения равен

$$\mu = (0,62 \text{ Н}) / (3,0 \text{ Н}) = 0,21 \approx 0,2.$$

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:



$$2) F_{\text{тр.ск.}} = F_{\text{тяги}}$$

$$F_{\text{тр.ск.}} = \mu N; N = P = mg \Rightarrow F_{\text{тр.}} = \mu P \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{тяги}}}{P}$$

$$3) F_{\text{тяги}} = 0,62 \text{ Н}$$

$$P = 3 \text{ Н}$$

$$4) \mu = \frac{0,62}{3} \approx 0,2$$

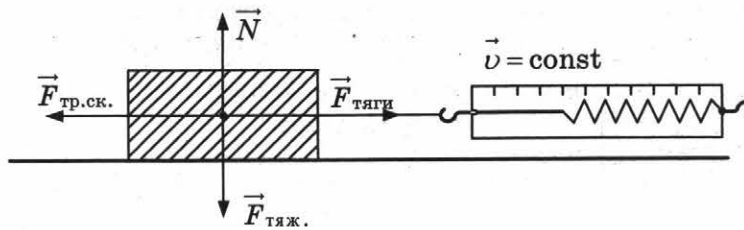
Задание 1.37. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование предоставляется учителем.

Текст задания может быть следующим.

Используя брусок с крючком, динамометр, три груза, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для измерения коэффициента трения скольжения между бруском и поверхностью рейки.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта коэффициента трения скольжения;



Пусть тело переместилось на расстояние s .

При таком перемещении работа сил \vec{N} и $\vec{F}_{тяж.}$ равна нулю, так как они перпендикулярны скорости движения.

Сила тяги совершает положительную работу: $A_{тяги} = F_{тяги} \cdot s$, а сила трения — отрицательную: $A_{тр} = -F_{тр} \cdot s$.

Задание 1.38

Определение работы сил тяги и трения при перемещении по поверхности стола коробки сахара-рафинада, на которой расположена канистра с водой, на расстояние $s = 30$ см (фото 1.78, а).

Измеряем силу тяги и равную ей по модулю силу трения $F_{тр.} = 15$ Н (фото 1.78, б).

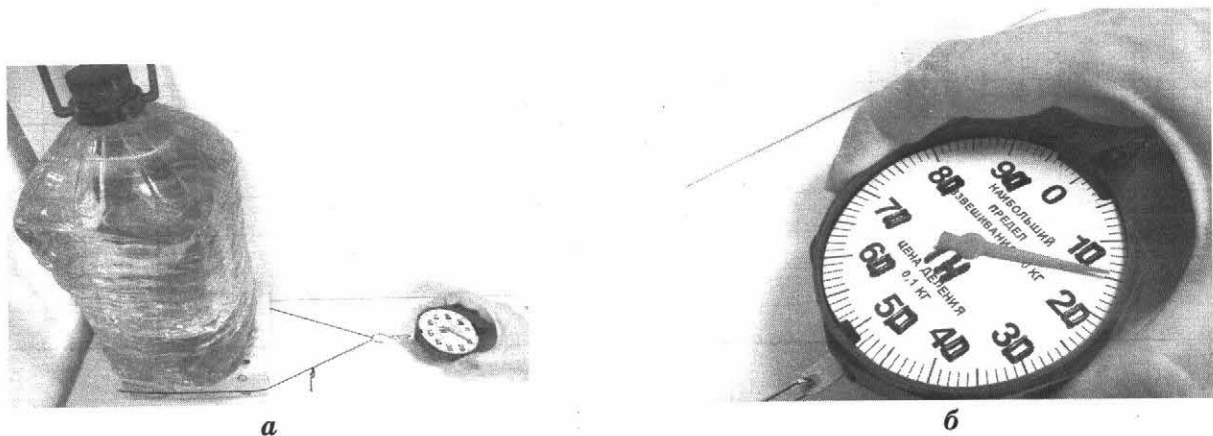


Фото 1.78

Работа силы тяги равна $A_{F_{тяги}} = 15 \text{ Н} \cdot 0,3 \text{ м} = 4,5 \text{ Дж}$.

Работа силы трения равна $A_{F_{тр.}} = -15 \text{ Н} \cdot 0,3 \text{ м} = -4,5 \text{ Дж}$.

Измерять расстояние s нет необходимости. Эта величина указана в задании.

Задание 1.39

Разместите на коробке с сахаром двухкилограммовый пакет муки и определите модуль работы сил тяги и трения, которая совершается при перемещении на 0,5 м.

$s = 0,5 \text{ м}$	$F_{тр.} \text{ Н}$	$F_{тяги} \text{ Н}$	$ A , \text{ Дж}$

5.2. Экспериментальные задания

Задание 1.40. Экзаменационное задание (пример выполнения).

Используя каретку с крючком, динамометр, два груза, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки на расстояние в 40 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы трения скольжения;
- 3) укажите результаты измерения модуля перемещения каретки с грузами и силы трения скольжения при движении каретки с грузами по поверхности рейки;
- 4) запишите числовое значение работы силы трения скольжения.

Измерительная установка представлена на фото 1.79.

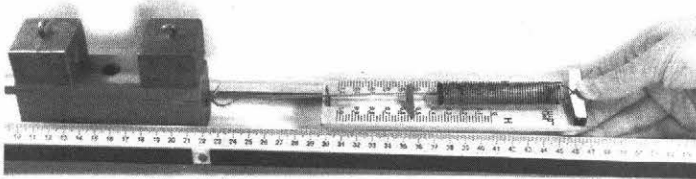


Фото 1.79

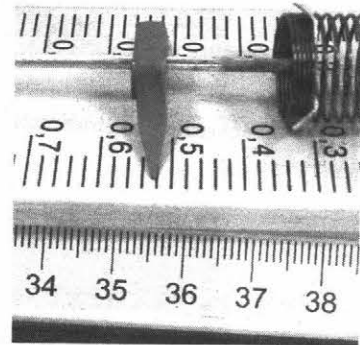


Фото 1.80

Из фото 1.80 видно, что сила тяги динамометра равна

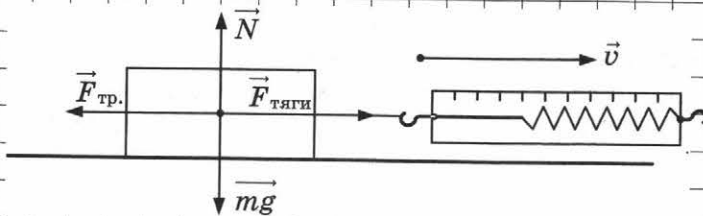
$$F_{\text{тяги}} = F_{\text{упр.}} = 0,52 \text{ Н.}$$

Сила трения $F_{\text{тр.}}$ по модулю такая же.

Работа силы трения при перемещении на расстояние $s = 0,40 \text{ м}$ равна $A_{F_{\text{тр.}}} = -0,52 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} = -0,21 \text{ Дж.}$

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:



2) Формула для расчёта работы силы трения:

$$A_{F_{\text{тр.}}} = -F_{\text{тр.}} \cdot s$$

3) Результаты измерений:

$$F_{\text{тяги}} = 0,52 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр.}} = 0,52 \text{ Н}$$

4) $A_{F_{\text{тр.}}} = -0,52 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} = -0,21 \text{ Дж}$

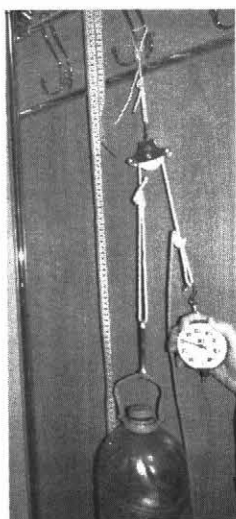
Задания второй группы

5.3. Домашняя подготовка

Определим механическую работу при подъёме груза с использованием неподвижного и подвижного блоков. Блок можно найти, например, в простейшем спортивном устройстве.

Задание 1.41

Определим работу, совершаемую силами упругости, при равномерном подъёме канистры с водой при помощи неподвижного блока на высоту $h = 0,5$ м (фото 1.81).



а



б

Фото 1.81

Из фото 1.81, б видно, что сила упругости верёвки равна

$$F_{\text{упр.}} = 30 \text{ Н.}$$

Рассчитайте работу этой силы при подъёме канистры на высоту $h = 0,5$ м.

$$A = F_{\text{упр.}} \cdot h$$

$$A = 30 \text{ Н} \cdot 0,5 \text{ м} = 15 \text{ Дж}$$

5.4. Экспериментальные задания

При выполнении экспериментального задания на экзамене используется следующее оборудование (фото 1.82): штатив с муфтой и лапкой; блоки подвижный и неподвижный; набор грузов массой 100 г; динамометр.

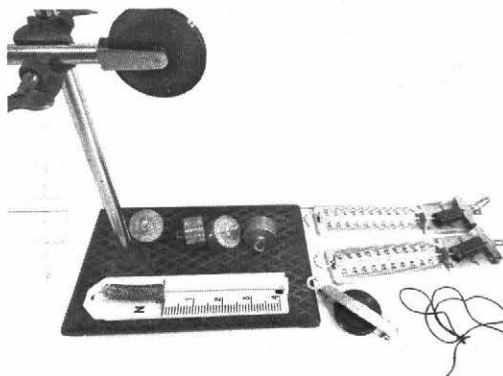


Фото 1.82

Задание 1.42

С использованием неподвижного блока на высоту $h = 20$ см равномерно поднимают 4 груза. Определите работу.

Вес четырёх грузов можно найти, просто сложив их веса. Вес каждого груза равен 1 Н. Следовательно, вес четырёх грузов равен $P = 4$ Н.

Измерительная установка по подъёму грузов представлена на фото 1.83, а.

При неподвижном грузе динамометр показывает $F_{\text{упр.1}} = 3,9$ Н (фото 1.83, б).

При равномерном подъёме сила упругости равна $F_{\text{упр.2}} = 4,2$ Н (фото 1.84).

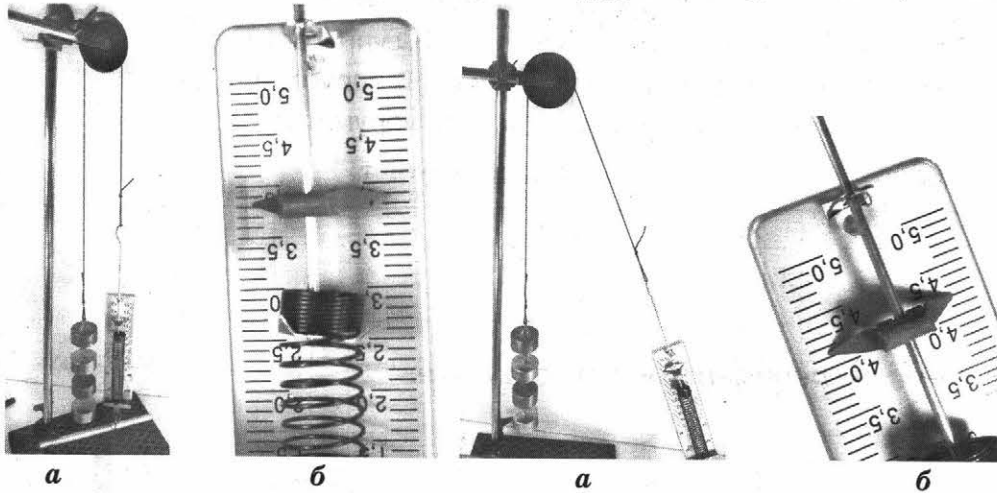


Фото 1.83

Фото 1.84

Эти значения различны, потому что при подъёме груза возникает сила трения.

Если поднимать небольшой груз, например $(1 \div 2)$ Н, то сила трения не обнаруживается.

Пружина динамометра и груз при подъёме с помощью неподвижного блока перемещаются на одинаковое расстояние. Это расстояние нет необходимости измерять. Оно дано в условии.

В данном задании указано, что $h = 0,2$ м.

Следовательно, работа силы упругости равна

$$A = F_{\text{упр}} \cdot h = 4,2 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,84 \text{ Дж.}$$

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:

2) Формула работы:

$$A = F \cdot s$$

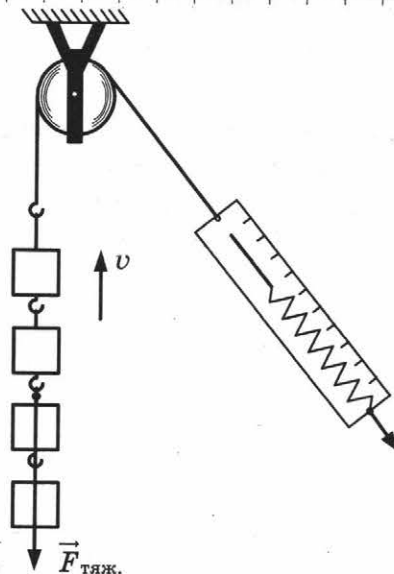
3) Результаты измерений:

$$F_{\text{упр.}} = 4,2 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тяж.}} = 3,9 \text{ Н}$$

Различие в численных значениях $F_{\text{тяж.}}$ и $F_{\text{упр.}}$ возникает из-за трения

4) $A = 4,2 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м} = 0,84 \text{ Дж}$



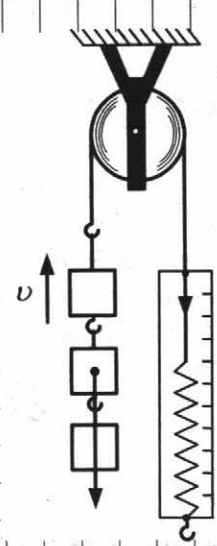
Задание 1.43. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаётся учителем.

Используя штатив с муфтой, неподвижный блок, нить, три груза и динамометр, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при равномерном подъёме грузов с использованием неподвижного блока. Определите работу, совершаемую силой упругости при подъёме грузов на высоту 20 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Краткий отчёт

<p>1) Схема экспериментальной установки:</p> <p>2) Формулы работы:</p> <p style="margin-left: 40px;">$A =$ _____</p> <p>3) Результаты измерений:</p> <table border="1" style="margin-left: 40px; border-collapse: collapse; width: 150px; height: 40px;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">$F_{\text{тяж.}}, \text{Н}$</th> <th style="padding: 5px;">$F_{\text{упр.}}, \text{Н}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>4) $A =$ _____</p>	$F_{\text{тяж.}}, \text{Н}$	$F_{\text{упр.}}, \text{Н}$			
$F_{\text{тяж.}}, \text{Н}$	$F_{\text{упр.}}, \text{Н}$				

Задание 1.44

Определите работу, которую совершает сила упругости при подъёме трёх грузов на высоту $h = 20$ см с использованием подвижного блока.

Общий вес поднимаемого груза (с блоком) равен $P = 3,2$ Н (фото 1.85).

Сила упругости пружины динамометра при равномерном подъёме равна $F_{\text{упр.}} = 1,6$ Н (фото 1.86).

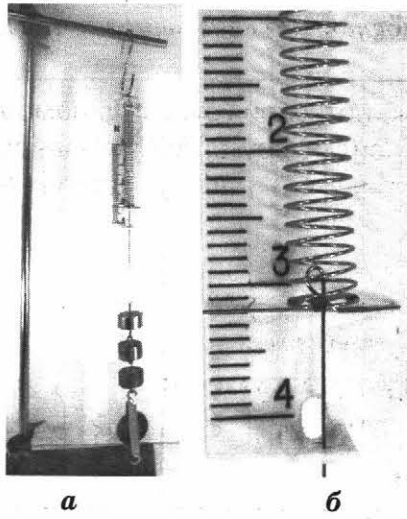


Фото 1.85

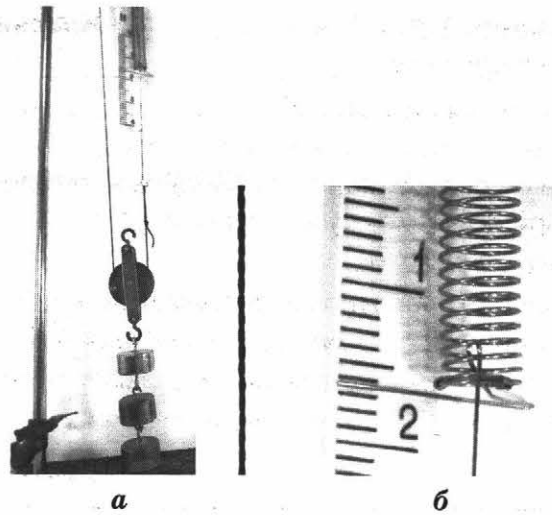


Фото 1.86

При проведении эксперимента важно, чтобы нить и динамометр были вертикальны. Если это требование не выполнить, то сила упругости увеличивается (фото 1.87).

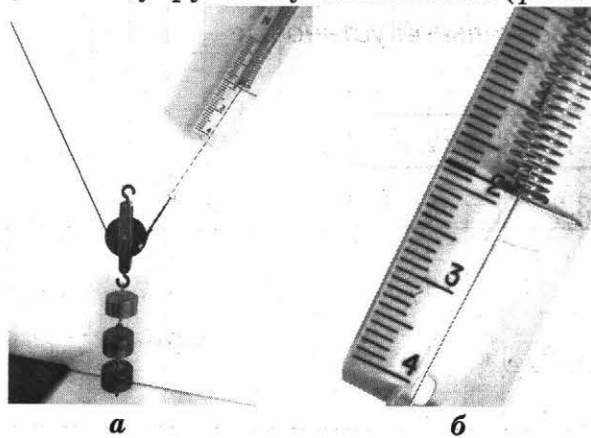
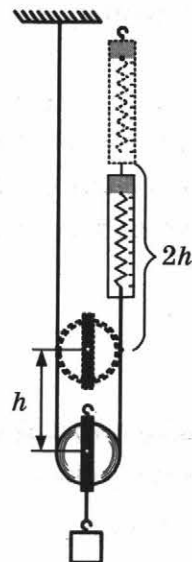


Фото 1.87

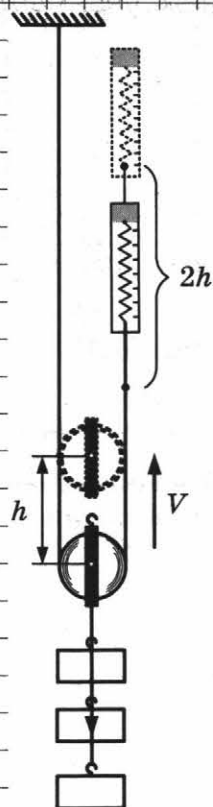
При подъёме груза на $h = 0,2$ м динамометр вместе с нитью перемещается на $l = 2h = 0,4$ м (см. рис.).



Работа силы упругости равна $A_{F_{\text{упр.}}} = 1,6 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} = 0,64 \text{ Дж}$.

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:



2) Формула работы:

$$A = F \cdot S \quad A = 1,6 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} = 0,64 \text{ Дж}$$

3) Результаты измерений:

$F_{\text{упр.}}, \text{ Н}$	$P, \text{ Н}$	$2h, \text{ м}$
1,6	3,2	0,4

4) $A = 1,6 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м} = 0,64 \text{ Дж}$

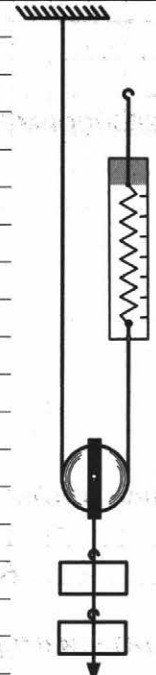
Задание 1.45. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаётся учителем.

Используя штатив с муфтой, подвижный блок, нить, 2 груза и динамометр, соберите экспериментальную установку для измерения работы силы упругости при подъёме груза с использованием подвижного блока. Определите работу, совершаемую силой упругости при подъёме грузов на высоту 10 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта работы силы упругости;
- 3) укажите результаты прямых измерений силы упругости и пути;
- 4) запишите числовое значение работы силы упругости.

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:	
2) Формула работы: _____	
3) Результаты измерений:	
4) $A =$ _____	

$F_{\text{упр.}}, \text{ Н}$	$P, \text{ Н}$	$2h, \text{ м}$

6. Условия равновесия рычага

6.1. Домашняя подготовка

Задание 1.46

Три друга — Влад, Дима и Тимур — решили оценить вес Влада с использованием качелей (фото 1.88) высотой 145 см (под высотой качелей подразумевается длина цепей, к которым прикреплено сиденье). Как они это сделали?

Рост Влада как раз равен 145 см. Влад встал на сиденье качелей (фото 1.89), а Дима прицепил к сиденью динамометр (фото 1.90, а) и отклонил качели на 60 см. Показания динамометра — на фото 1.90, б.



Фото 1.88



Фото 1.89



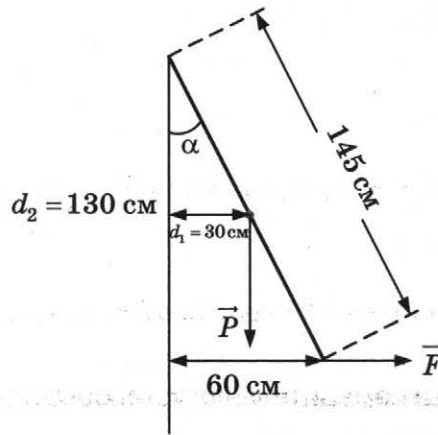
а



б

Фото 1.90

Тимур измерил все необходимые расстояния: $d_1 = 30$ см, $d_2 = 130$ см (см. рис.).
 Запишите условие равновесия «Влада в отклонённом состоянии» и определите его вес.



Ответ: $P = 88 \text{ Н} \cdot \frac{1,3\text{ м}}{0,3\text{ м}} = 380 \text{ Н}$

6.2. Экспериментальные задания

Лабораторное оборудование представлено на *фото 1.91*.

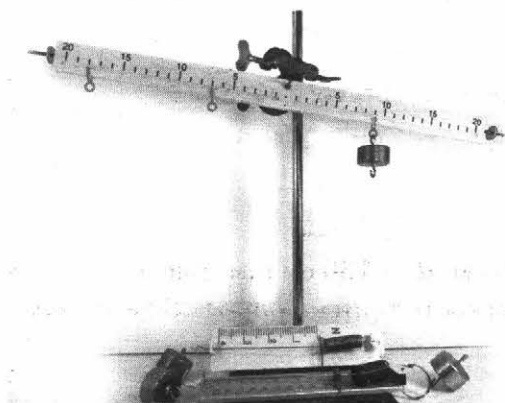
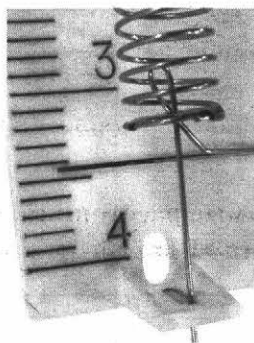
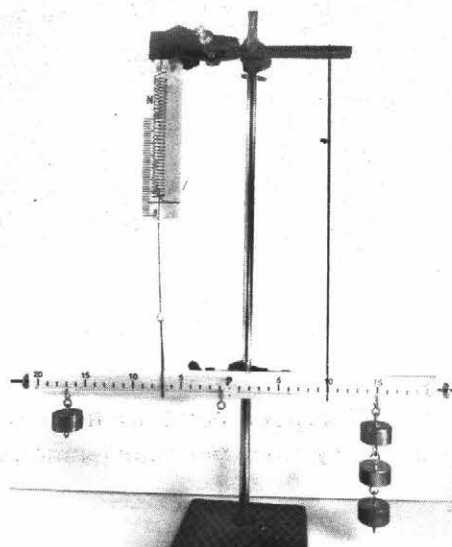


Фото 1.91



а



б

Фото 1.92

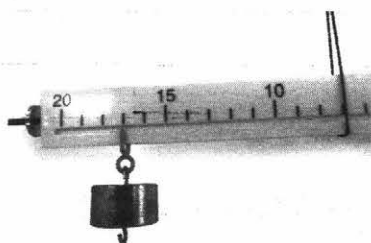
Обратите внимание на дополнительную муфту — она удерживает рычаг при сборке измерительной установки.

Задание 1.47 (выполнение по фотографиям).

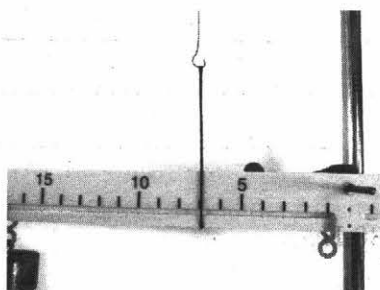
На *фото 1.92* представлена измерительная установка по исследованию равновесия рычага.

По *фото 1.93* можно определить точки приложения сил и показания динамометра.

Определите силу натяжения нити.

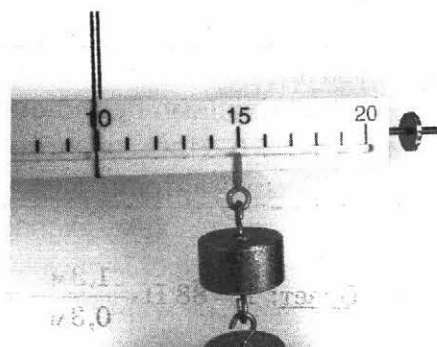


а



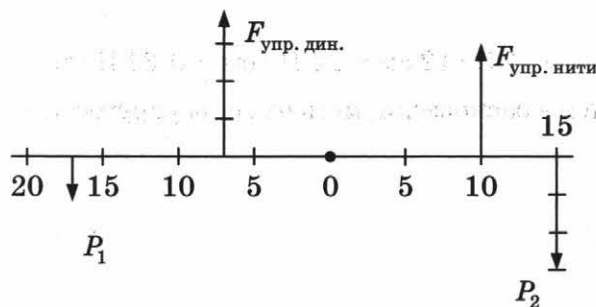
б

Фото 1.93



в

1) Выполните рисунок, на котором изобразите все силы (см. рис.).



2) Заполните таблицу.

Силы, Н	Плечи сил, см	Моменты сил, Н · см	
		по часовой стрелке	против часовой стрелки
$P_1 = 1 \text{ Н}$	17 см		$(1 \cdot 17) \text{ Н} \cdot \text{см}$
$F_{\text{упр. дин}} = \underline{\hspace{2cm}}$			
$F_{\text{упр. нити}} = \underline{\hspace{2cm}}$			$(F_{\text{упр.}} \cdot 10) \text{ Н} \cdot \text{см}$
$P_2 = \underline{\hspace{2cm}}$			
Сумма моментов			

3) Запишите условие равновесия рычага.

4) Вычислите силу упругости нити.

Ответ: 5,2 Н.

Задание 1.48. Экзаменационное задание (пример выполнения).

Задание может быть следующего содержания:

Используя рычаг, три груза, штатив и динамометр, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 6 см и один груз на расстоянии 12 см от оси. Определите момент силы, которую необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 6 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение момента силы.

Измерительная установка представлена на *фото 1.94*.

Момент силы F равен: $M = F \cdot L$, где L — плечо силы.

Момент силы упругости пружины динамометра равен (по модулю) сумме моментов грузов, которые расположены слева от оси вращения.

Найдём эту сумму.

$$M = M_1 + M_2 = 2 \text{ Н} \cdot 6 \text{ см} + 1 \text{ Н} \cdot 12 \text{ см} = 24 \text{ Н} \cdot \text{см} = 0,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Так как рычаг находится в равновесии, момент силы упругости пружины равен $M = 0,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

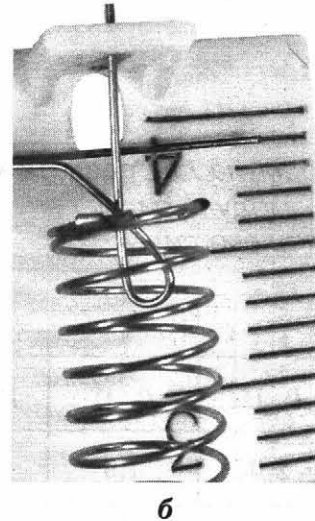
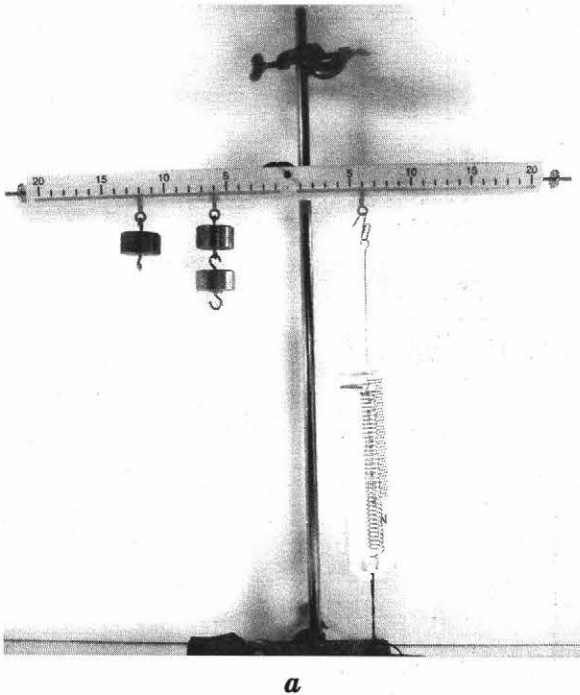


Фото 1.94

Скорее всего, эксперт на экзамене не оценит такое выполнение задания на 4 балла, так как получение ответа не связано с измерениями, его можно получить, не собирая этой установки и не проводя измерений. (Не следует ожидать, что эксперт вас похвалит, сказав: «какой молодец, ответил на вопрос экспериментального задания, ничего не измеряя», и поставит 4 балла.)

Что нужно сделать?

1) Можно определить величину силы и сравнить показания динамометра с результатами вычислений. Совпадение расчётов силы с показаниями и будет означать, что момент найден верно.

Сила упругости пружины динамометра равна: $F = M/L$

$$F = (0,24 \text{ Н} \cdot \text{м}) / (0,06 \text{ м}) = 4 \text{ Н}.$$

Сравним это значение с показанием динамометра (фото 1.94). Мы видим, что $F_{\text{дин.}} = (3,9 \pm 0,1) \text{ Н}$. В пределах погрешности значения силы F совпадают.

Следовательно, измерения достоверны и момент найден верно.

2) Можно поступить и по-другому. Прямо ответить на вопрос: по измеренному значению силы найти её момент $M = (3,9 \cdot 0,06) \text{ Н} \cdot \text{м} = 0,23 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

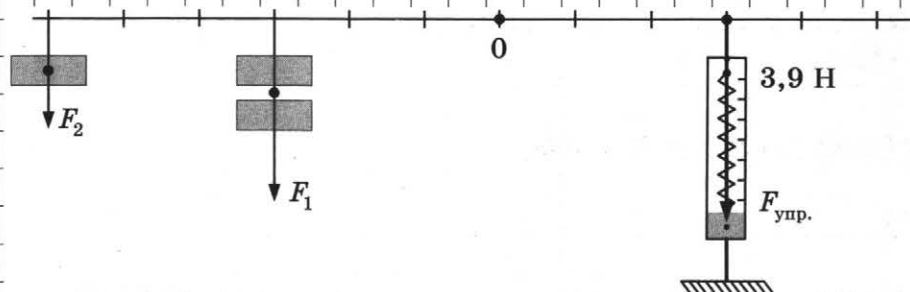
Отличие этого значения от суммы моментов грузов равно

$$(0,24 - 0,23) \text{ Н} \cdot \text{м} = 0,01 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Разница составляет всего $(0,01 / 0,23) \cdot 100\% = 5\%$.

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:



2) Формула для расчёта момента силы:

F – модуль силы
 L – плечо силы

$$M = F \cdot L$$

$P_1, \text{Н}$	$P_2, \text{Н}$	$F_{\text{упр.}}, \text{Н}$	$L, \text{м}$
2,0	1,0	3,9	0,06

4) Момент силы упругости равен

$$M = 3,9 \text{ Н} \cdot 0,06 \text{ м} \approx 0,23 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Задание 1.49. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаётся учителем.

Используя рычаг, три груза, штатив и динамометр, соберите установку для исследования равновесия рычага. Три груза подвесьте слева от оси вращения рычага следующим образом: два груза на расстоянии 12 см и один груз на расстоянии 6 см от оси. Определите момент силы, которую необходимо приложить к правому концу рычага на расстоянии 12 см от оси вращения рычага для того, чтобы он оставался в равновесии в горизонтальном положении.

В бланке ответов:

- 1) зарисуйте схему экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта момента силы;
- 3) укажите результаты измерений приложенной силы и длины плеча;
- 4) запишите числовое значение момента силы.

Краткий отчёт

1) Схема измерительной установки:



2) Формула для расчёта момента силы:

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

3) Результаты измерений:

P_1	P_2	F	L

4) Момент силы F равен:

7. Исследование зависимостей между физическими величинами

7.1. Исследование известных закономерностей

Экспериментальные задания, при выполнении которых необходимо на экзамене провести исследование зависимостей между физическими величинами, делятся на два типа.

В заданиях *первого типа* исследуются уже известные вам закономерности.

Ценность таких исследований заключается в том, что они позволяют измерить постоянные параметры, характеризующие эти зависимости. Например, для измерения жёсткости пружины необходимо исследовать зависимость её удлинения от приложенной силы, которая уравновешивает силу упругости. Проведя такое исследование, вы можете не только измерить жёсткость пружины, но и выяснить, от чего она зависит.

Задание 1.50

Выясните, во сколько раз изменится жёсткость пружины, если её длина уменьшится в два раза.

Сначала к пружине подвесили 2 груза (*фото 1.95*). Половину пружины зафиксировали скобкой, изготовленной из скрепки (*фото 1.96*), и затем вновь подвесили те же 2 груза (*фото 1.97*). Как изменилась жёсткость пружины и во сколько раз?

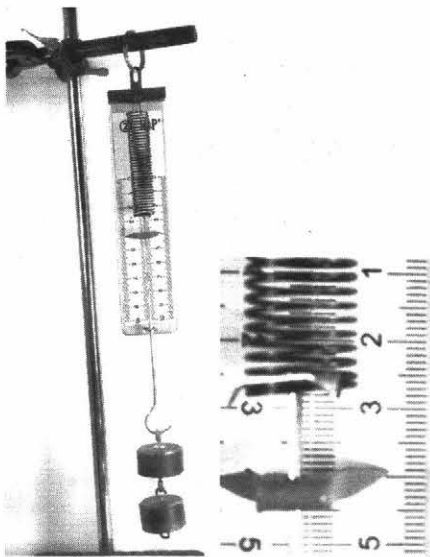


Фото 1.95

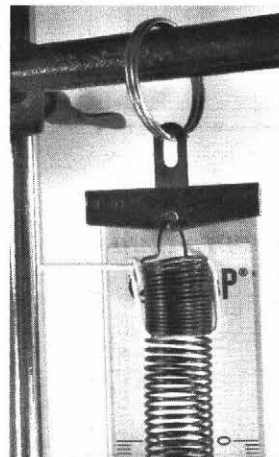


Фото 1.96

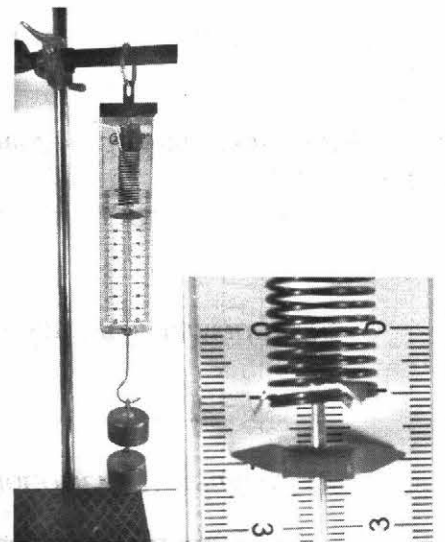


Фото 1.97

Согласно закону Гука $F = k \cdot x$, где k — жёсткость пружины. В первом случае $F = 2$ Н, $x \approx 4$ см = 0,04 м. $k = F/x = 2$ Н/0,04 м = 50 Н.

Во втором случае $F = 2$ Н, $x \approx 2$ см = 0,02 м. $k = F/x = 2$ Н/0,02 м = 100 Н.

Ответ: Жёсткость пружины увеличилась в 2 раза.

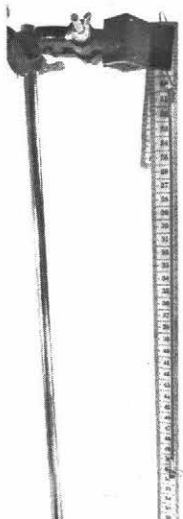
Без предварительного исследования нельзя измерять величины, которые характеризуют данное явление или процесс.

Например, не проведя предварительного исследования деформации резинового образца, вы измерили его жёсткость по аналогии с пружиной, считая, что деформация подчиняется закону Гука. А ведь в этом нельзя быть уверенным, не проведя исследования резинового образца.

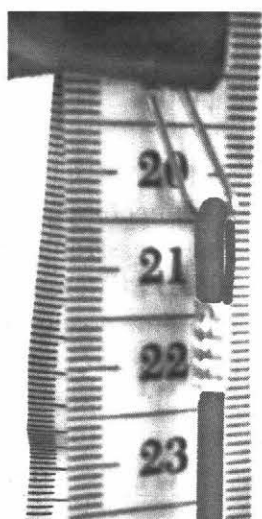
Задание 1.51

Исследование деформации резинового шнура.

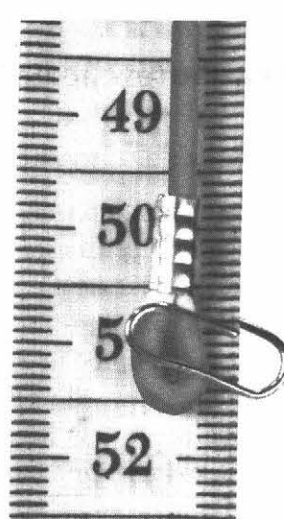
Измерьте длину недеформированного резинового образца (фото 1.98).



а



б



в

Фото 1.98

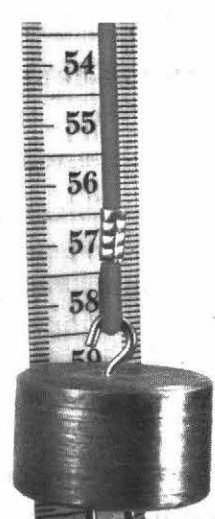
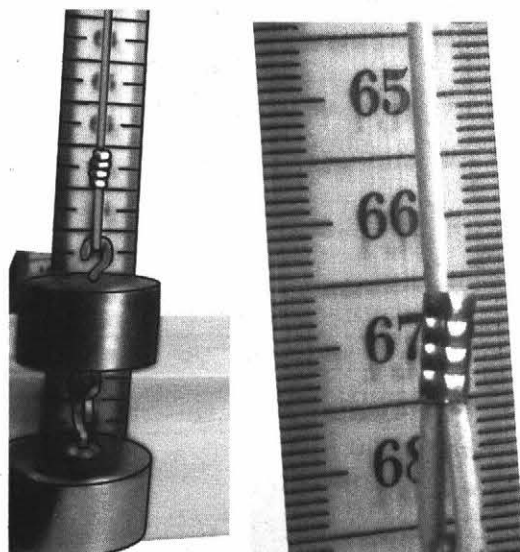


Фото 1.99

Измерьте удлинение резинового образца при подвешивании одного груза массой 100 г (фото 1.99) и определите жёсткость.

Затем подвесьте к образцу ещё один груз массой 100 г и снова измерьте удлинение (фото 1.100), определите жёсткость.



а

б

Фото 1.100

Сравните жёсткость, полученную при двух нагрузках.

Сделайте общий вывод о справедливости или несправедливости для резины закона Гука и предложите способ измерения её жесткости.

Задание 1.52

Заполните таблицу.

Название	Формула
Зависимость между удлинением пружины и деформирующей силой	
Зависимость между силой упругости и деформацией	
Зависимость длины пружины от веса подвешенного груза	

Зависимость между пройденным путём и временем движения:	
– при равномерном движении	
– при равноускоренном движении без начальной скорости	
– при свободном падении	
Зависимость между пройденным путём и квадратом времени при равноускоренном движении без начальной скорости	
Зависимость периода колебаний от длины маятника	
Зависимость квадрата периода колебаний от длины маятника	
Зависимость частоты колебаний от длины маятника	
Зависимость квадрата частоты колебаний от длины маятника	
Зависимость выталкивающей силы от объёма погруженной части тела	
Зависимость давления жидкости от глубины	
Зависимость момента силы:	
– от плеча	
– от модуля силы	
Зависимость силы трения от силы нормального давления	

Задание 1.53. Экзаменационное задание (пример выполнения).

Используя каретку (брусок) с крючком, динамометр, набор из трёх грузов, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы трения скольжения между кареткой и поверхностью горизонтальной рейки от силы нормального давления. Определите силу трения скольжения, помещая на каретку поочерёдно один, два и три груза. Для определения веса каретки с грузами воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерений веса каретки с грузами и силы трения скольжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки от силы нормального давления.

Измерительная установка представлена на *фото 1.101*. (Для измерения силы трения направляющую лучше перевернуть.)

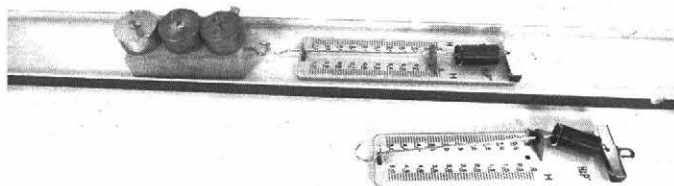
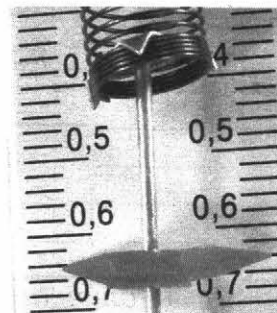


Фото 1.101



а



б

Фото 1.102

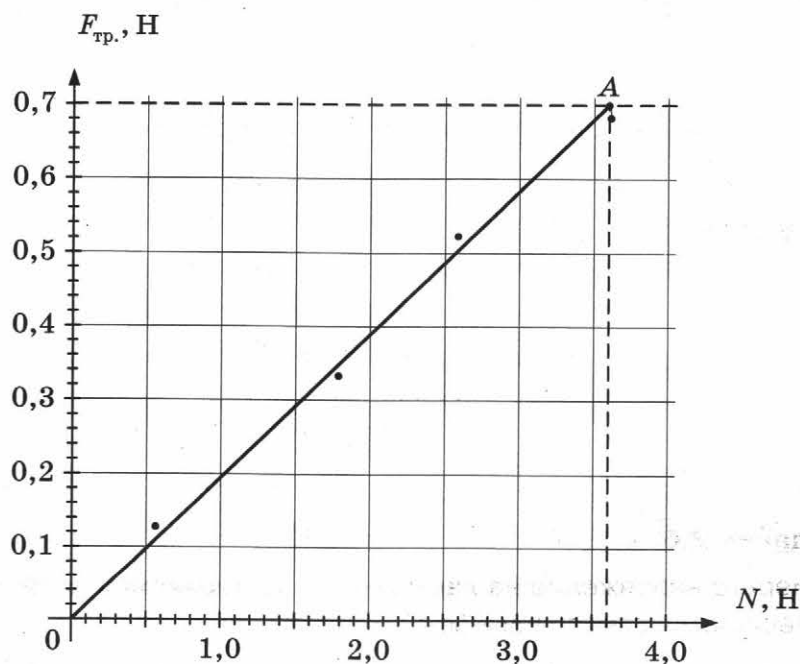
Сначала измеряют вес бруска (фото 1.102): 0,64 Н.

При наличии динамометра с пределом измерения 4 Н или 5 Н суммарный вес бруска с одним, двумя или тремя грузами лучше измерять, чем рассчитывать. Если же ни одного из этих динамометров нет, тогда общий вес рассчитывается. Например, вес бруска с тремя грузами равен 3,64 Н.

Результаты возможных измерений приведены в таблице:

Количество грузов	0	1	2	3
N , Н	0,64	1,7	2,6	3,6
$F_{тр.}$ Н	0,14	0,32	0,52	0,68

График зависимости $F_{тр.}$ от N представлен на рисунке.

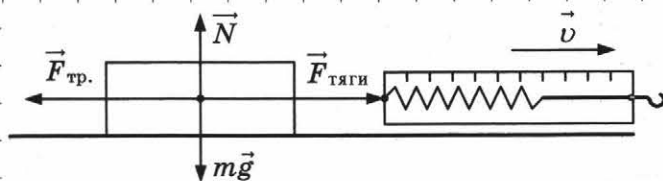


Важное замечание.

На экзамене достаточно привести что-то одно: либо таблицу измерений, либо график.

Краткий отчёт

1) Схема измерительной установки:



2)

Количество грузов	0	1	2	3
N , Н	0,64	1,7	2,6	3,6
$F_{тр.}$, Н	0,14	0,32	0,52	0,68

3) **Вывод:** с увеличением силы нормального давления сила трения скольжения между кареткой и поверхностью рейки возрастает.

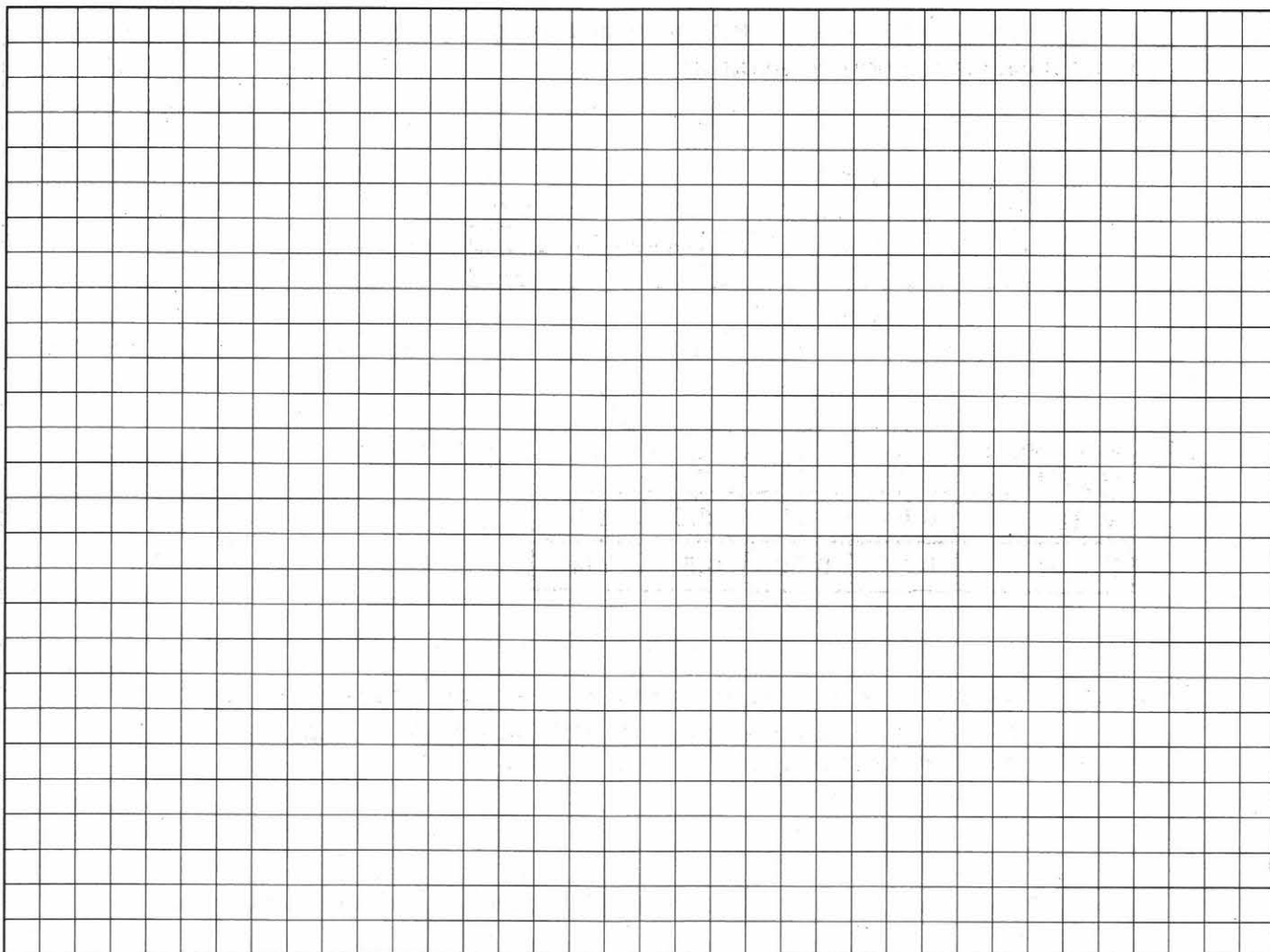
Задание 1.54. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаёт учитель.

Используя каретку (брусочек) с крючком, динамометр, набор из трёх грузов, направляющую рейку, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы трения скольжения между кареткой и поверхностью «бархатной бумаги» от силы нормального давления. Определите силу трения скольжения, помещая на каретку поочерёдно один, два и три груза. Для определения веса каретки с грузами воспользуйтесь динамометром.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты измерений веса каретки с грузами и силы трения скольжения для трёх случаев в виде графика;
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы трения скольжения между кареткой и поверхностью «бархатной бумаги» от силы нормального давления.

Краткий отчёт



7.2. Исследование неизвестных закономерностей

Задание 1.55

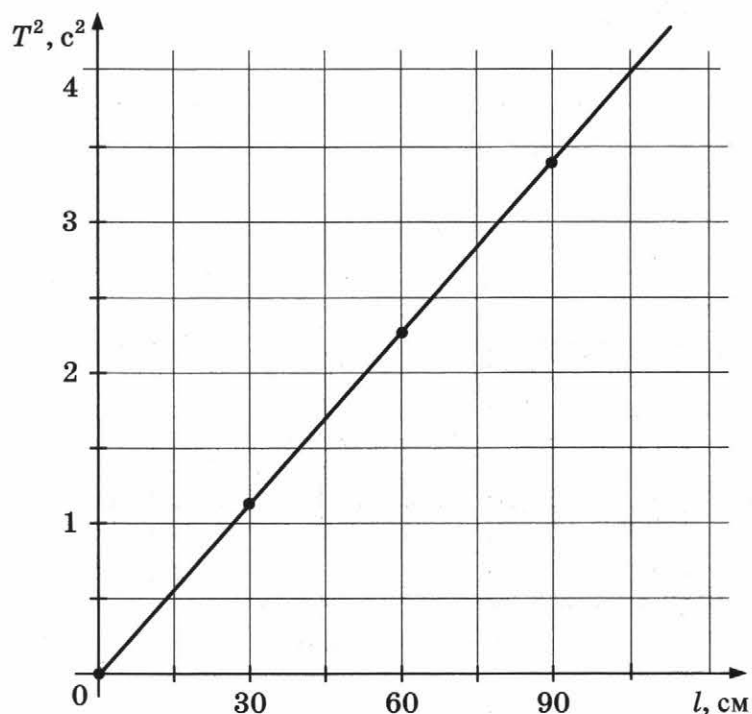
Исследование зависимости периода маятника от его длины.

Ниже приведены результаты измерения времени 30 колебаний трёх маятников длиной соответственно 30, 60 и 90 см. Заполняем таблицу, учитывая, что $T = \frac{t}{N}$, где число колебаний $N = 30$.

l , см	30	60	90
t , с	32,50	45,61	55,32
T , с	1,08	1,52	1,84
T^2 , с ²	1,17	2,31	3,40

В кратком отчёте приводится либо таблица, либо график.

Построим график зависимости квадрата периода от длины:



Вывод: с увеличением длины маятника квадрат периода колебаний увеличивается.

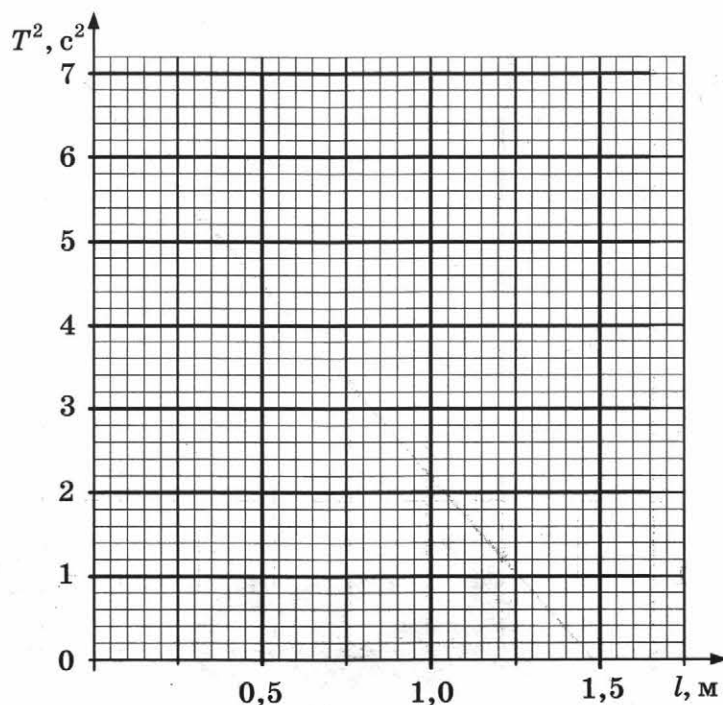
Задание 1.56. (Самостоятельное выполнение.) Оборудование выдаёт учитель.

Исследуйте зависимость квадрата периода колебаний трёх маятников длиной 0,5 м, 1 м и 1,5 м от длины.

Запишите данные в таблицу ($N = 30$):

$l, \text{ м}$	0,5	1,0	1,5
$t, \text{ с}$			
$T = t / N, \text{ с}$			
$T^2, \text{ с}^2$			

Постройте график:



Задание 1.57. Экзаменационное задание (пример выполнения).

Используя штатив с муфтой и лапкой, шарик с прикрепленной к нему нитью, линейку и часы с секундной стрелкой (или секундомер), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний нитяного маятника от длины нити. Определите время для 30 полных колебаний и вычислите период колебаний для трёх случаев, когда длина нити равна соответственно 1 м, 0,5 м и 0,25 м.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний для трёх длин нити маятника в виде таблицы;
- 3) вычислите период колебаний для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости периода свободных колебаний нитяного маятника от длины нити.

Измерительная установка представлена на *фото 1.103*. Обычно штанга штатива имеет длину меньше 1 м. Поэтому при работе с маятником длиной 1 м штатив устанавливается на краю стола (*фото 1.104*). Для удобства изменения длины маятника можно воспользоваться обычным ластиком, сделав в нём разрез (*фото 1.105*).

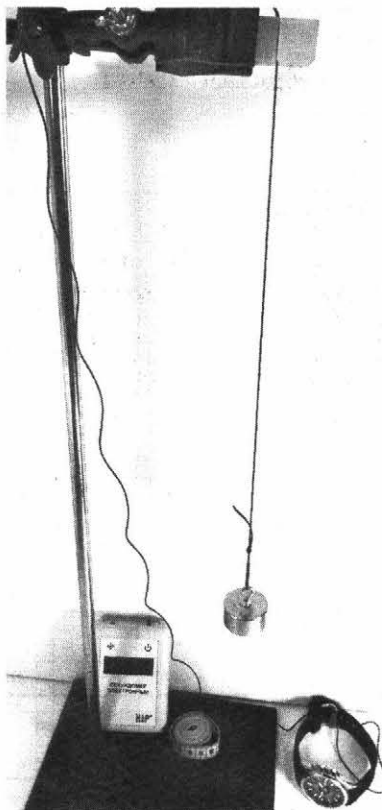


Фото 1.103

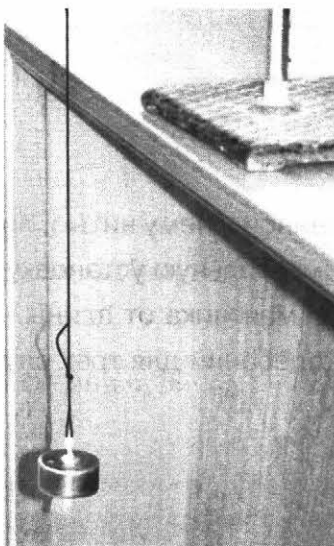


Фото 1.104

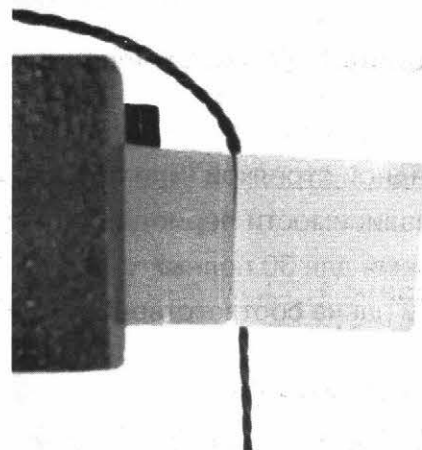


Фото 1.105

Период колебаний маятника $T = \frac{t}{N}$, где t — измеренное время колебаний, N — число колебаний. $N = 30$.

Приведём возможные результаты измерения времени 30 колебаний маятников:

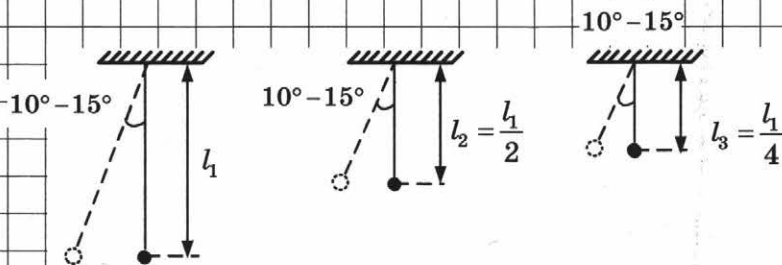
l , см	25	50	100
t , с	29,64	41,57	58,88
T , с	1,0	1,38	1,96

Длина маятника измеряется от точки подвеса до «центра» груза.

Составим краткий отчёт:

Краткий отчёт

1) Схема измерительной установки:



2) Результаты измерений: $N = 30$

$l, \text{ м}$	0,25	0,5	1
$t, \text{ с}$	29,64	41,57	58,88
$T, \text{ с}$	$\approx 1,0$	$\approx 1,4$	≈ 2

3) Период колебаний: $T = \frac{t}{N}$.

4) Вывод: с увеличением длины маятника период его свободных колебаний увеличивается.

Задание 1.58. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаётся учителем.

Используя штатив с муфтой и лапкой, шарик с прикрепленной к нему нитью, линейку и часы с секундной стрелкой (или секундомер), соберите экспериментальную установку для исследования зависимости периода свободных колебаний нитяного маятника от длины нити. Определите время для 20 полных колебаний и вычислите период колебаний для трёх случаев, когда длина нити равна соответственно 40 см, 80 см и 120 см.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) укажите результаты прямых измерений числа колебаний и времени колебаний для трёх длин нити маятника в виде таблицы;
- 3) вычислите период колебаний для каждого случая и результаты занесите в таблицу;
- 4) сформулируйте вывод о зависимости периода свободных колебаний нитяного маятника от длины нити.

Частота колебаний — величина, обратная периоду: $\nu = \frac{1}{T}$.

Так как $T = \frac{t}{N}$, то частота равна $\nu = \frac{N}{t}$; $N = 30$.

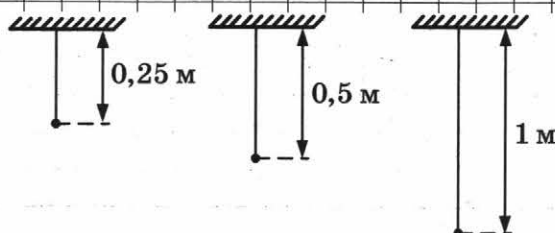
Результаты исследования зависимости периода колебаний от длины маятника:

l , см	25	50	100
t , с	29,64	41,57	58,88
ν , Гц	1,0	0,7	0,5

Составим краткий отчёт:

Краткий отчёт

1) *Схема экспериментальной установки:*



2) *Результаты измерений:* $N = 30$

l , м	1	0,5	0,25
t , с	58,9	41,6	29,9
ν , Гц	$\approx 0,5$	$\approx 0,7$	$\approx 1,0$

3) *Частота колебаний:* $\nu = \frac{1}{T}$; $T = \frac{t}{N} \Rightarrow \nu = \frac{N}{t}$.

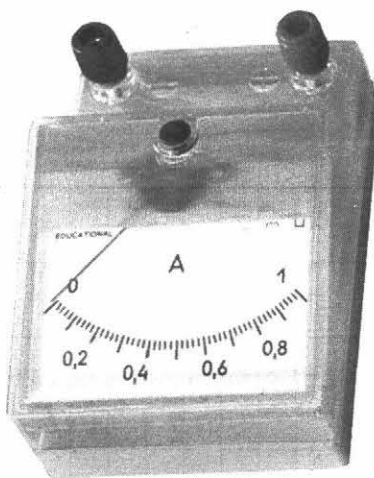
4) *Вывод:* с увеличением длины нити частота колебаний маятника уменьшается.

ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

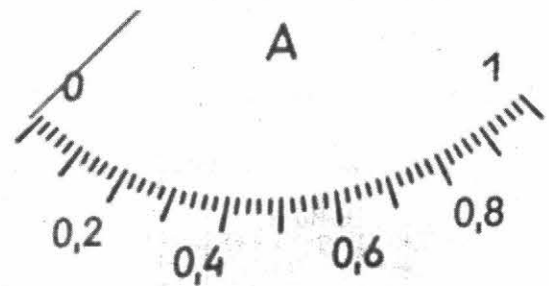
§1. Лабораторное оборудование

1. Электроизмерительные приборы

На фото 2.1–2.7 приведены электроизмерительные приборы, которые могут использоваться на ОГЭ.

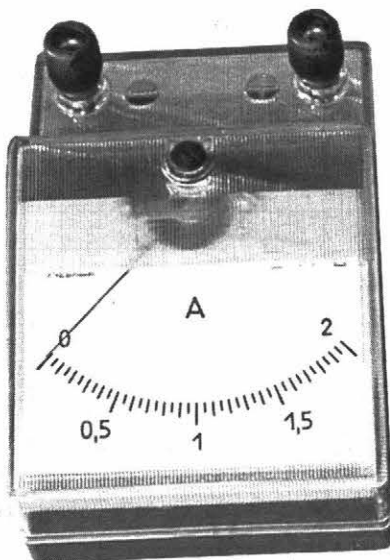


a

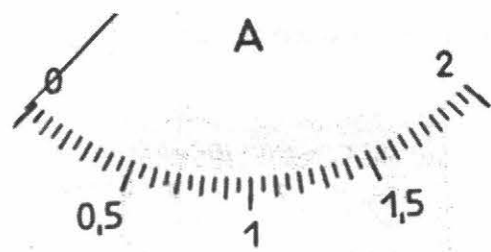


б

Фото 2.1: прибор № 1

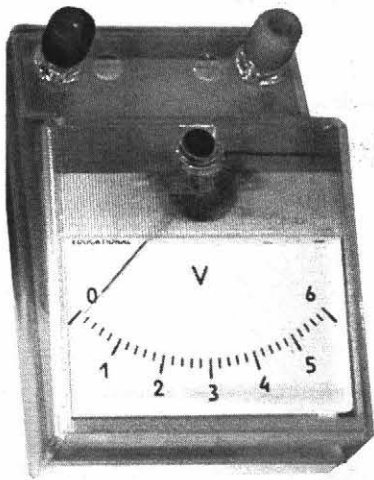


a

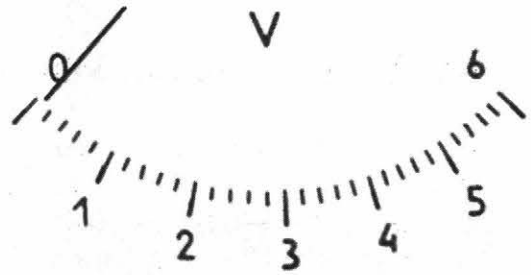


б

Фото 2.2: прибор № 2

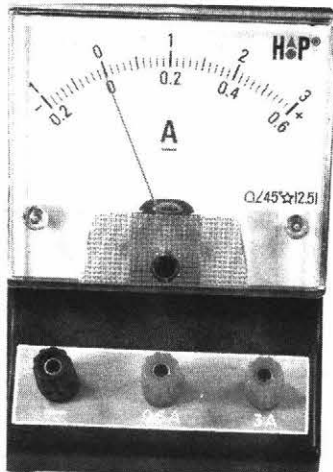


а

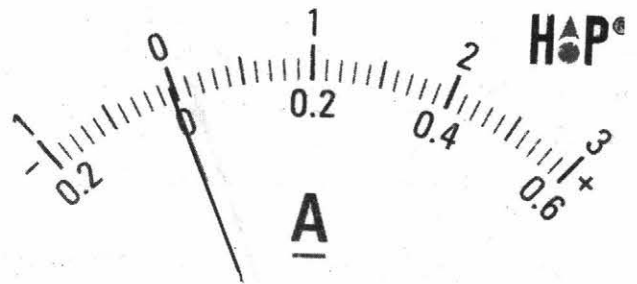


б

Фото 2.3: прибор № 3

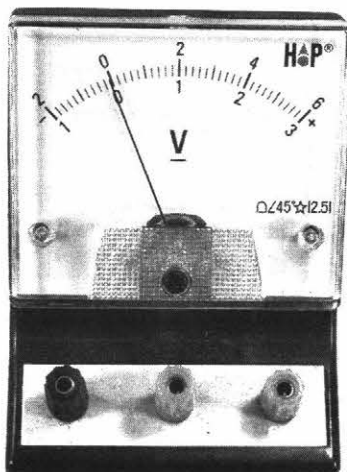


а

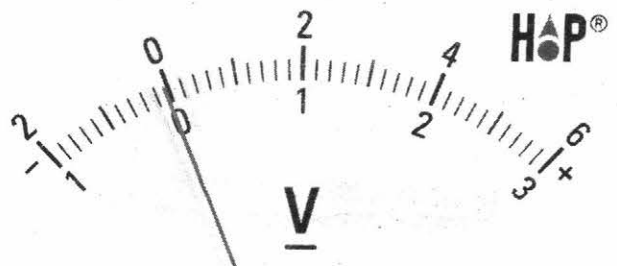


б

Фото 2.4: прибор № 4



а



б

Фото 2.5: прибор № 5

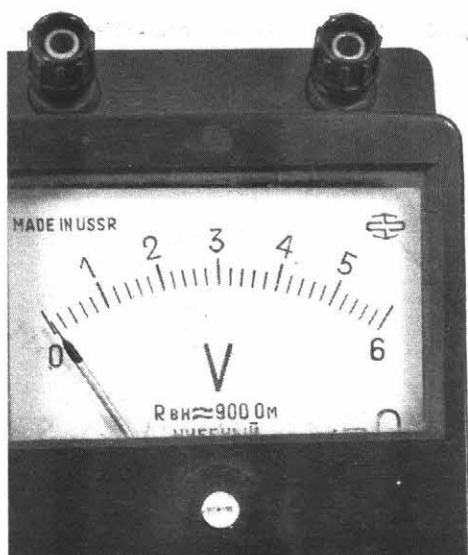


Фото 2.6: прибор № 6

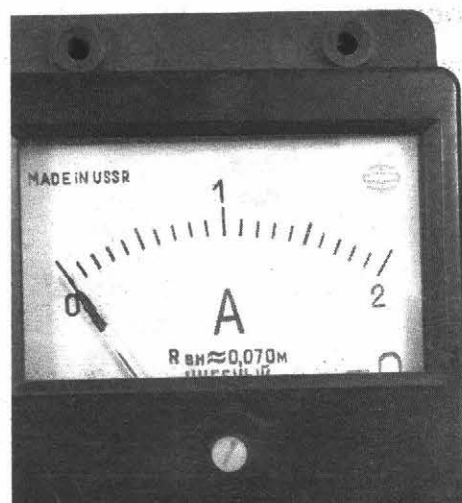


Фото 2.7: прибор № 7

Пользуясь фотографиями, определите цену деления, пределы измерения, вид измеряемой величины (ток, напряжение), единицы измеряемой величины для каждого из приведённых приборов (заполните табл. 1).

Таблица 1

№ приборов на фотографиях	Вид измеряемой величины	Единицы	Пределы измерения	Цена деления
1				
2				
3				
4			<u>Верхняя шкала</u>	
			<u>Нижняя шкала</u>	
5			<u>Верхняя шкала</u>	
			<u>Нижняя шкала</u>	
6				
7				

2. Используемые на экзамене резисторы, лампочки, источники тока, реостаты

Резисторы представлены на *фото 2.8*, лампочки — на *фото 2.9*.

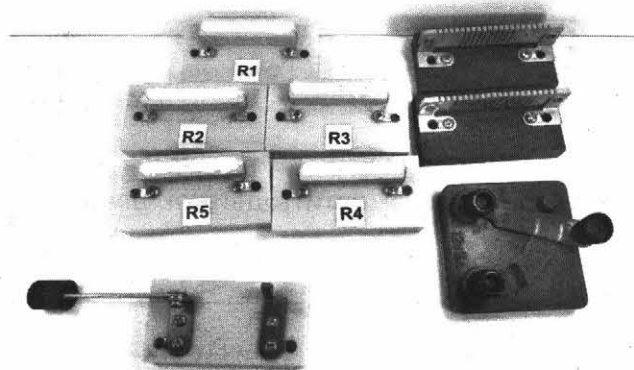


Фото 2.8



Фото 2.9

В качестве источников тока могут использоваться выпрямители (*фото 2.10*) или батарейки (*фото 2.11*).

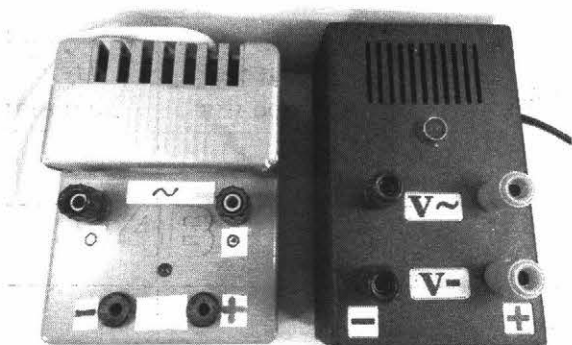


Фото 2.10

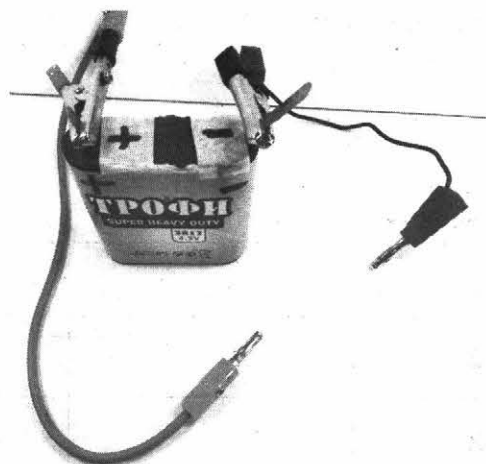


Фото 2.11

На *фото 2.12–2.14* представлены реостаты, которые могут использоваться на экзамене. Реостат на *фото 2.12* без шкалы, на *фото 2.13* — со вставленной шкалой. Он имеет максимальное сопротивление 6 Ом. Реостат, представленный на *фото 2.14*, имеет максимальное сопротивление 10 Ом.

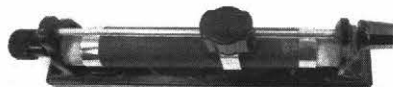


Фото 2.12

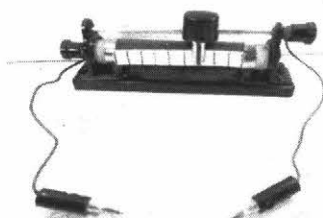


Фото 2.13

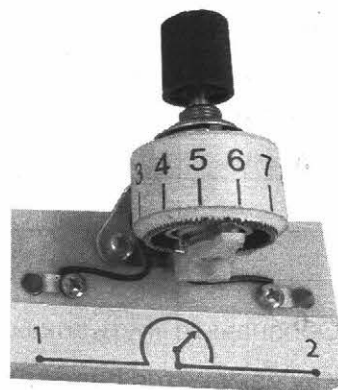
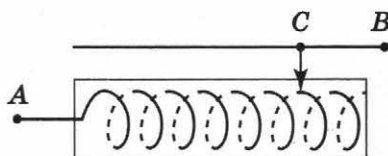


Фото 2.14

3. Задания по работе с оборудованием

Задание 2.1

- а) Изобразите стрелкой «путь тока» через реостат (см. рис.).



- б) Как изменится сопротивление включенной части, если переместить движок влево на 3 витка?

Задание 2.2

На фото 2.15 представлен реостат из «ГИА-лаборатории».

- а) В чём состоит конструктивное отличие этого реостата от изображённого на фото 2.12?

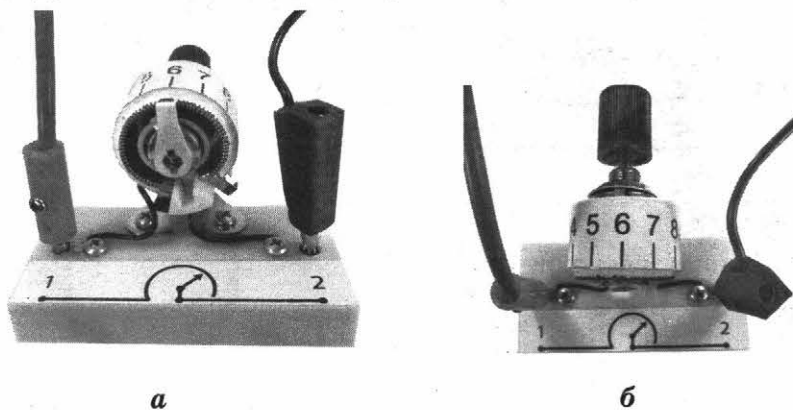
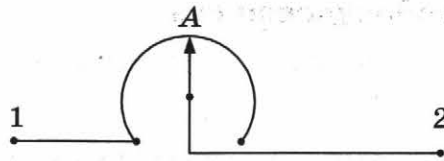


Фото 2.15

- б) Общее сопротивление реостата 10 Ом. Чему равно сопротивление включенной части реостата?

- в) Обозначьте «путь тока» на рисунке.

Как изменится сопротивление включенной части реостата при повороте подвижного контакта от точки А вправо и влево?



Задание 2.3

- а) На фото 2.16 представлена электрическая цепь с реостатом. Как и почему изменится накал лампочки при движении движка вправо?

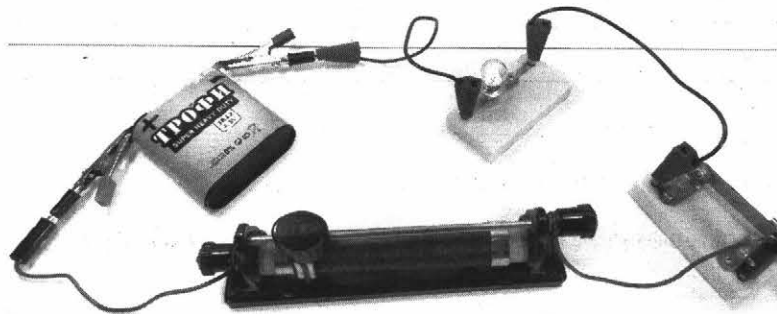


Фото 2.16

- б) На фото 2.17 представлена электрическая цепь с реостатом из «ГИА-лаборатории». Как и почему изменится накал лампочки при повороте контакта реостата против часовой стрелки?

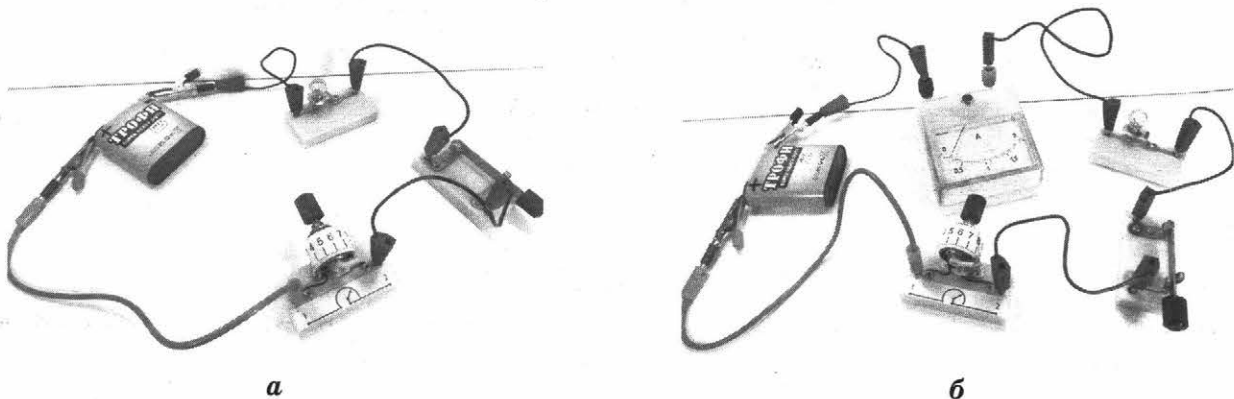
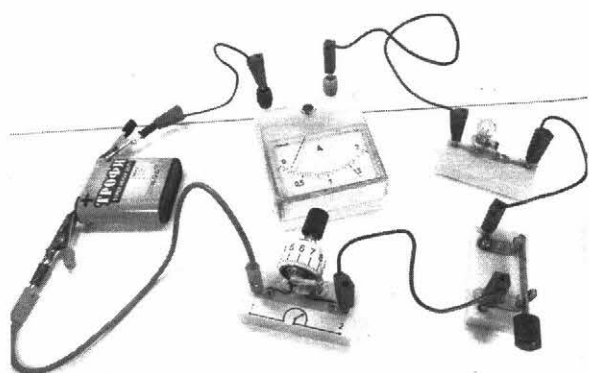


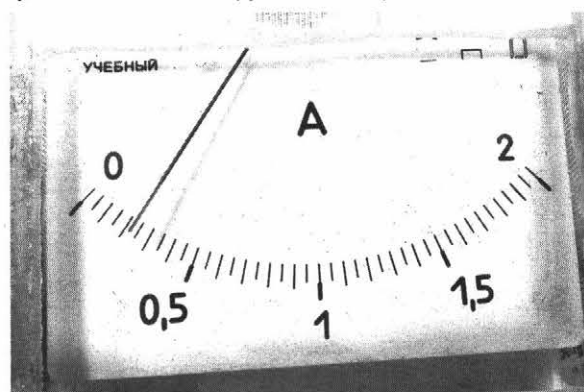
Фото 2.17

Задание 2.4

Определите силу тока через лампочку в электрической цепи (фото 2.18).



а

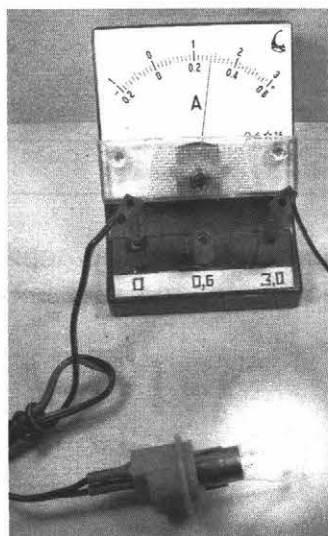


б

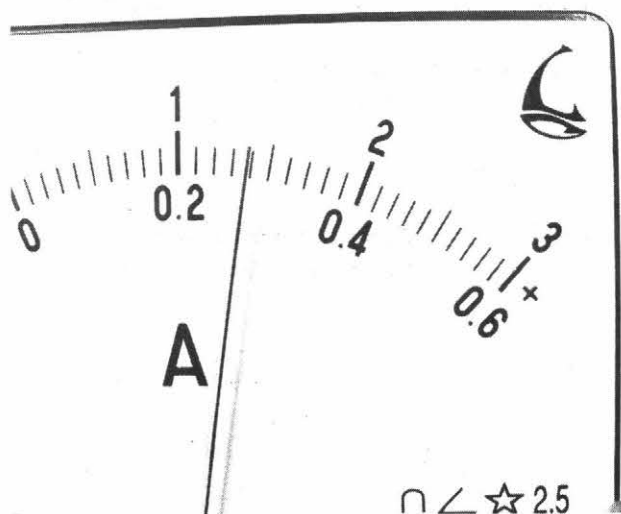
Фото 2.18

Задание 2.5

Чему равна сила тока в автомобильной лампочке (фото 2.19)?



а



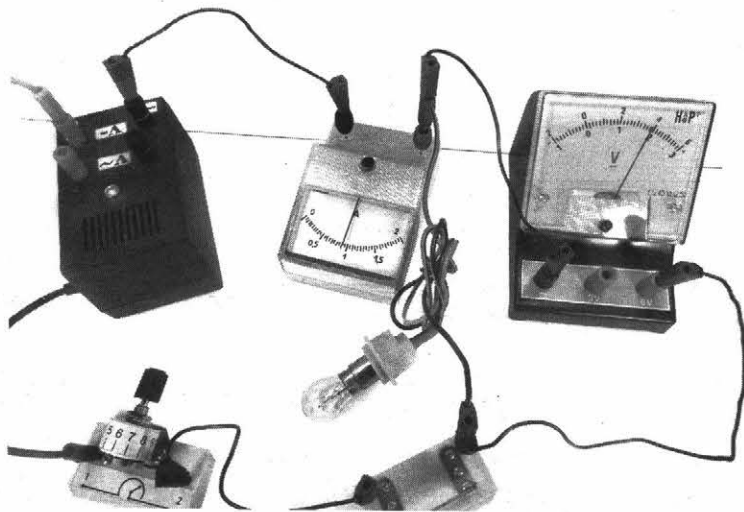
б

Фото 2.19

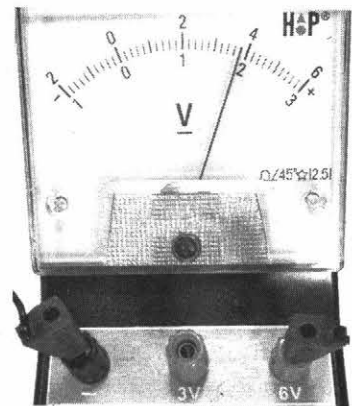
Задание 2.6

Измерьте напряжение на лампочке в электрической цепи, представленной на фото 2.20, если погрешность прямого измерения равна 0,25 В.

По фотографии 2.21 мы видим, что используется предел измерения 6 В, отсчёт проводили по верхней шкале, цена деления её 0,2 В, напряжение равно 3,8 В; с учётом погрешности напряжение равно $U = (U_0 \pm \Delta U) В = (3,80 \pm 0,25) В$.



а



б

Фото 2.20

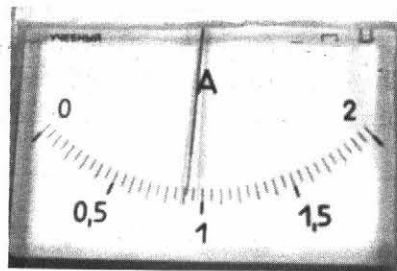
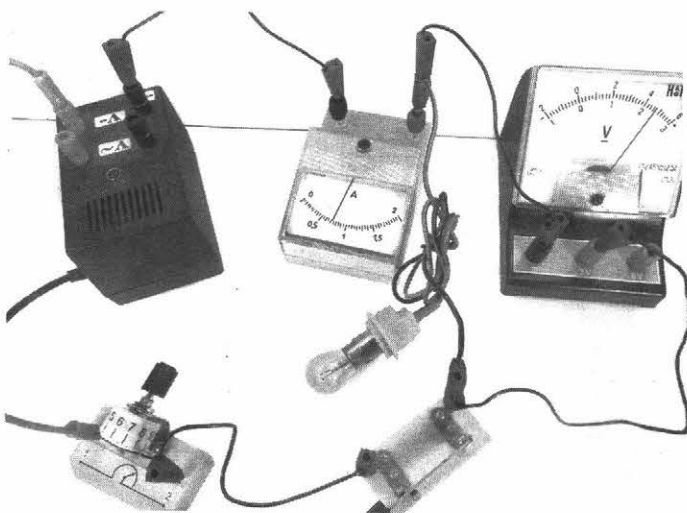


Фото 2.21

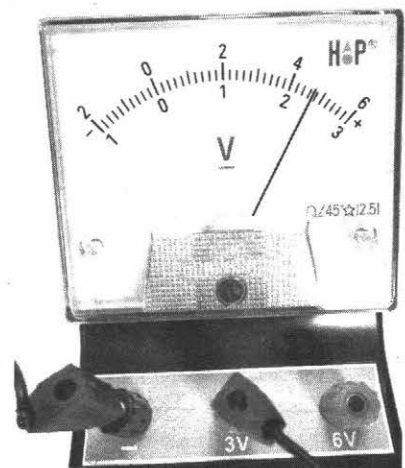
Запишите, чему равна сила тока, текущего через спираль лампочки, с учётом погрешности:

Задание 2.7

Измерьте напряжение на лампе в электрической цепи, представленной на фото 2.22, если погрешность прямого измерения на используемом пределе равна 0,1 В. Результат изобразите на числовой оси (см. рис.).

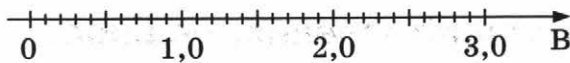


а



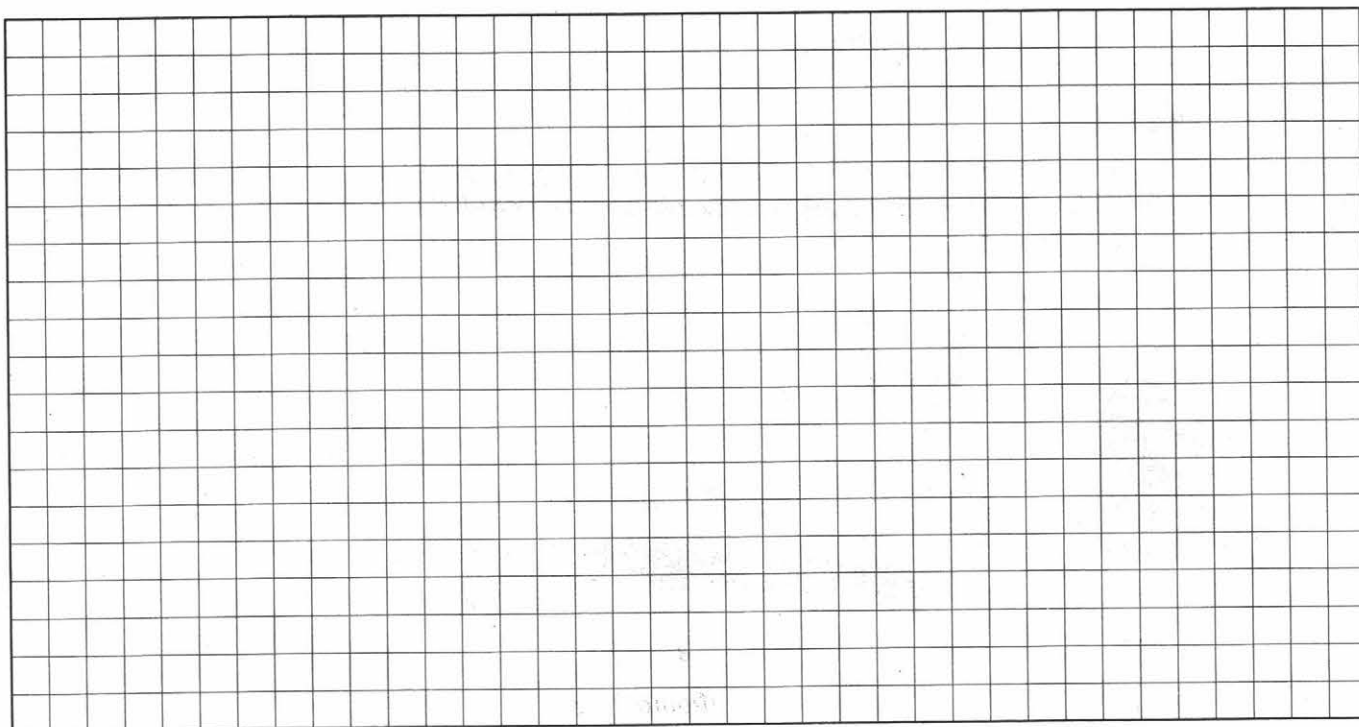
б

Фото 2.22



Задание 2.8

С помощью оборудования, предложенного учителем, измерьте силу тока через лампочку и напряжение на ней. Перечислите оборудование с указанием пределов измерения и цены деления приборов, начертите схему электрической цепи.



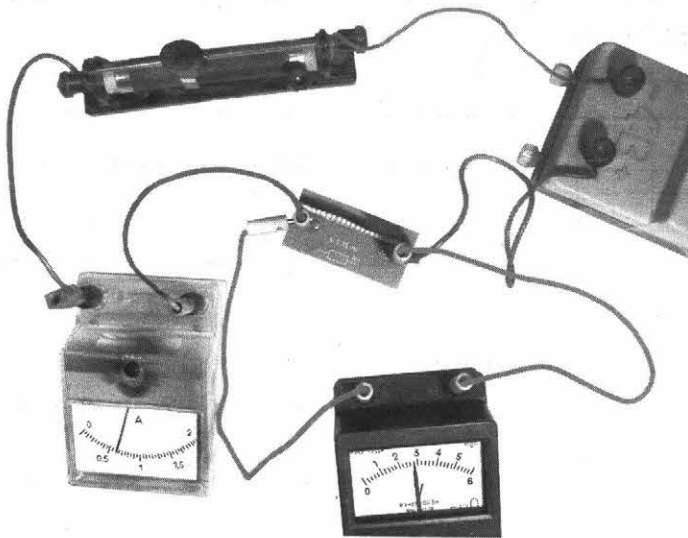
Важное замечание. При выполнении задания № 23 на ОГЭ результаты измерений можно записывать без указания погрешностей.

§2. Измерение сопротивления, мощности и работы тока

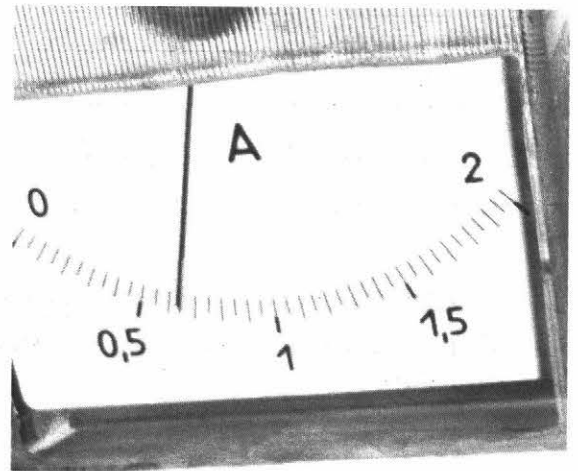
1. Измерение сопротивления

Задание 2.9 (пример выполнения).

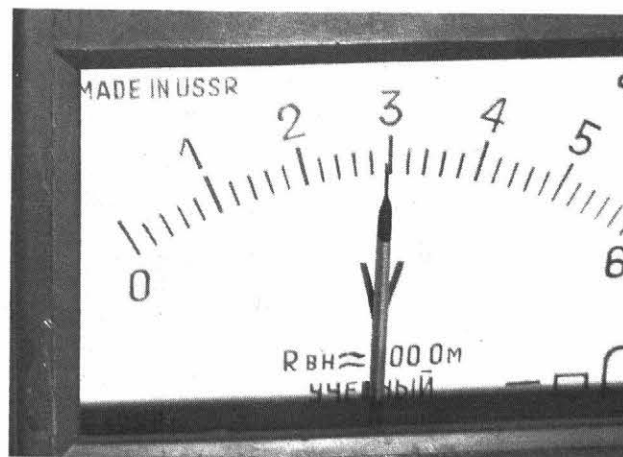
Определите сопротивление резистора, пользуясь электрической цепью, представленной на фото 2.23. Погрешность измерения силы тока равна $\Delta I = 0,075$ А, а напряжения $\Delta U = 0,2$ В.



a



б



в

Фото 2.23

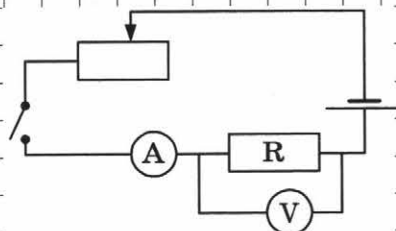
Из фотографий видно, что $I = (0,650 \pm 0,075)$ А $\approx 0,65$ А, $U = (2,8 \pm 0,2)$ В $\approx 2,8$ В.

Сопротивление $R = 2,8$ В / $0,650$ А = 4,3 Ом.

Оформим краткий отчёт.

Краткий отчёт

1) Электрическая схема:



2) Формула для расчёта:

$$\text{Закон Ома } I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

3) Результаты измерения:

$$I = 0,65 \text{ A}$$

$$U = 2,8 \text{ В}$$

$$4) R = 2,8 \text{ В} / 0,65 \text{ A} = 4,3 \text{ Ом}$$

Задание 2.10. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

Определите сопротивление, воспользовавшись электрической цепью, представленной на фото 2.24(а-в).

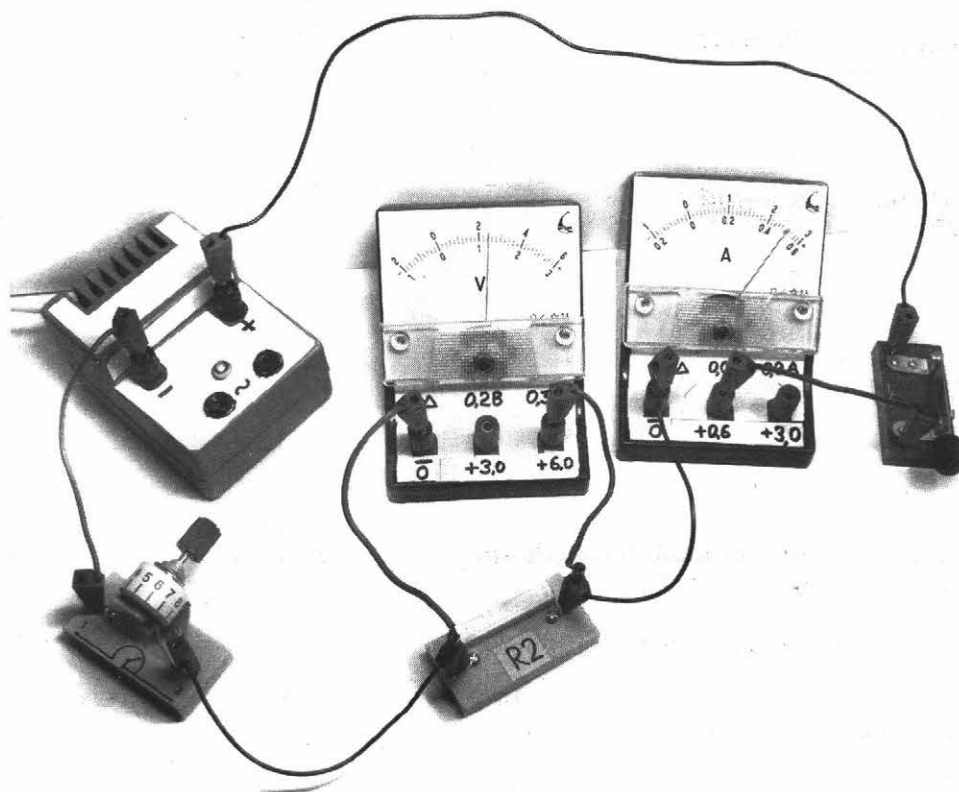


Фото 2.24, а

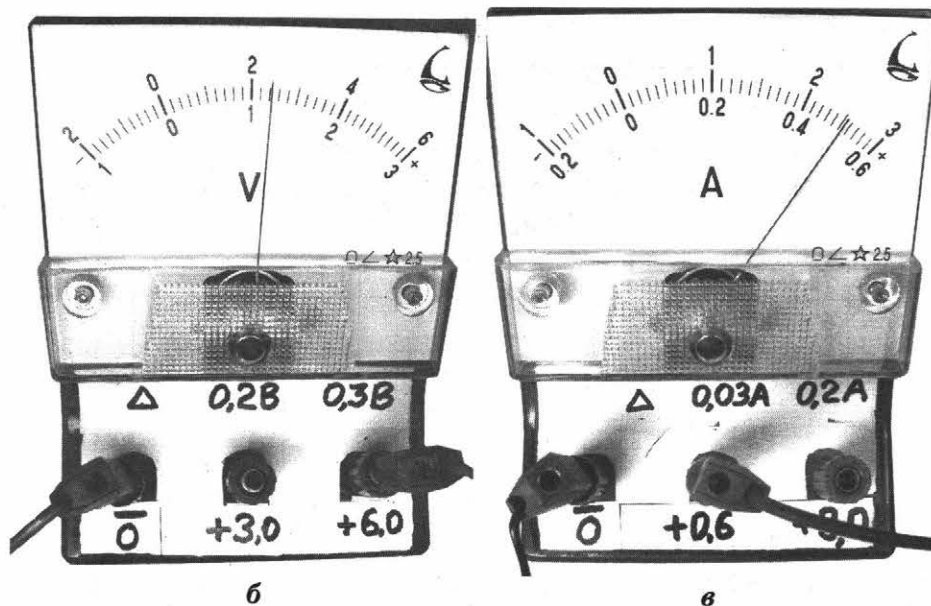


Фото 2.24

Краткий отчёт

1) Электрическая схема цепи:
2) Формула для расчёта:
3) Результаты измерений:
4) Сопротивление равно $R =$

Задание 2.11. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаёт учитель.

Ниже приведена возможная формулировка задания.

Определите электрическое сопротивление резистора R_2 . Для этого соберите экспериментальную установку, используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода и резистор, обозначенный R_2 . При помощи реостата установите в цепи силу тока 0,5 А.

В чём ошибка? _____

Анализируя фото 2.25, запишите:

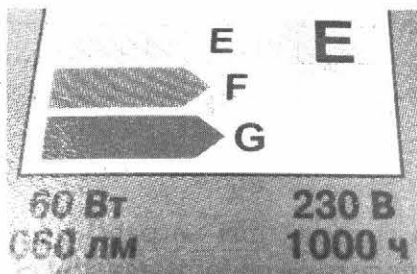
- 1) За месяц было израсходовано _____ энергии / мощности.
- 2) Переведите количество израсходованной за один месяц энергии в джоули:

Задание 2.13

Внимательно изучите приведённые фотографии лампочек: накаливания (фото 2.27) и светодиодной (фото 2.28) и утюга (фото 2.29). Заполните таблицу 1.



a



б

Фото 2.27

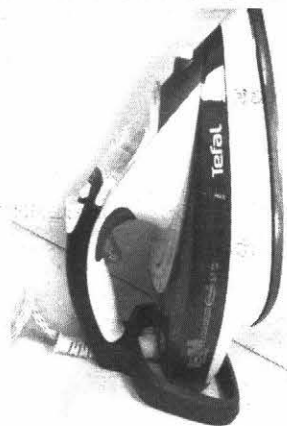


a



б

Фото 2.28



a



б

Фото 2.29

Вспомним, что мощность $P = U \cdot I$. Отсюда $I = \frac{P}{U}$.

Работа тока $A = U \cdot I \cdot t$.

Таблица 1

Прибор	Мощность	Напряжение	Сила тока в рабочем состоянии	Работа тока за 5 мин
Лампа накаливания				
Лампа светодиодная				
Утюг		220 В		

Задание 2.16

Определите мощность лампочки в электрической цепи, представленной на фото 2.32. Погрешности прямого измерения: силы тока $\Delta I = 0,1$ А, напряжения $\Delta U = 0,25$ В.

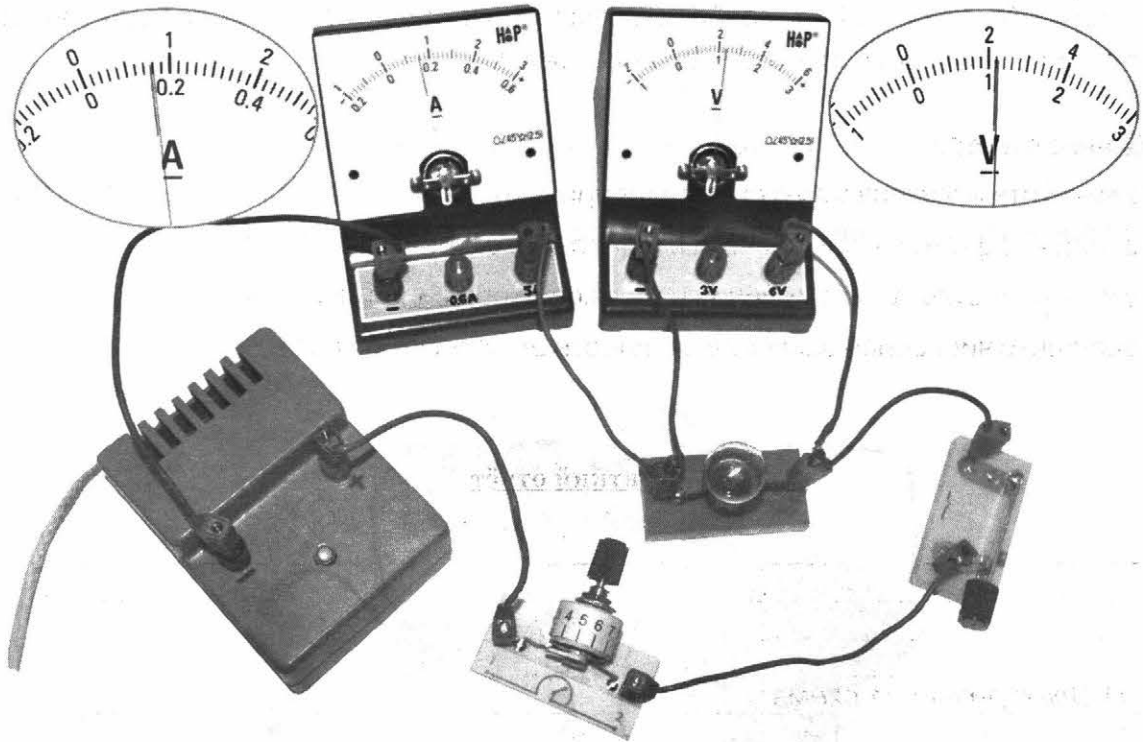
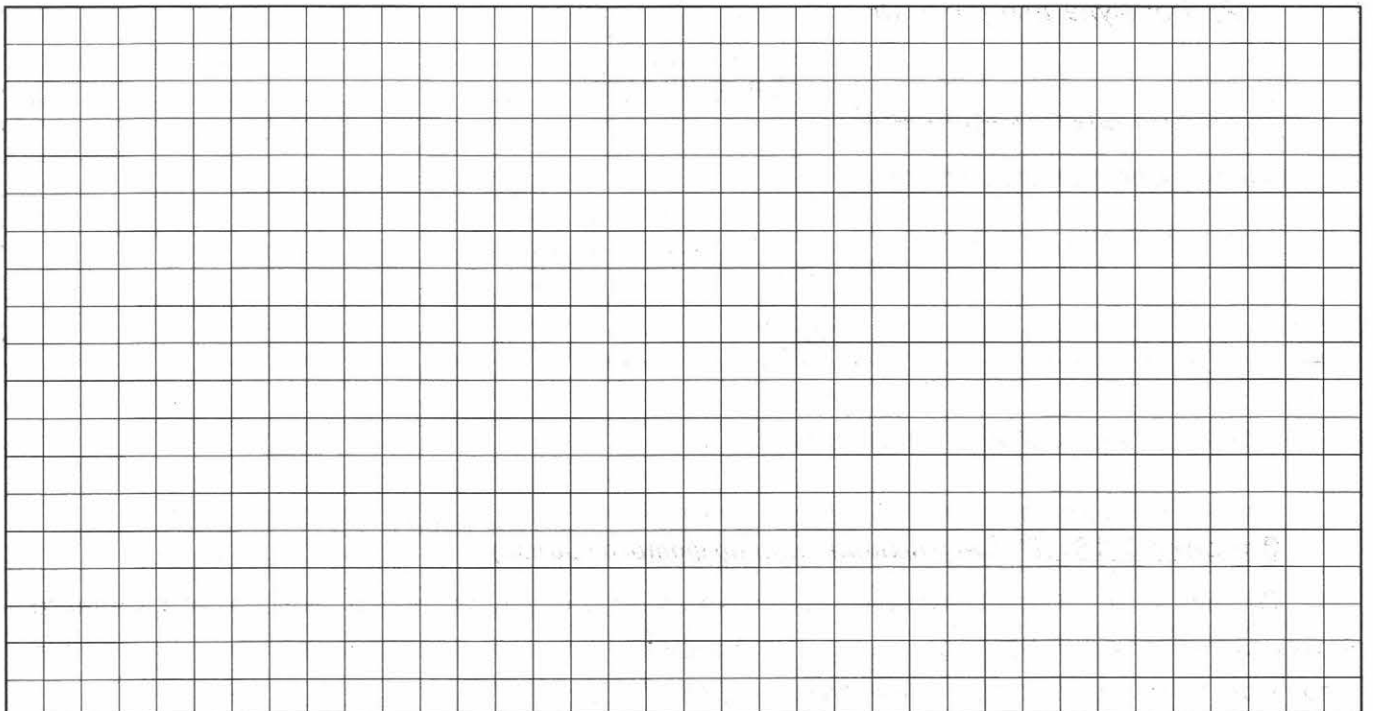


Фото 2.32



Задание 2.17. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование выдаётся учителем.

Ниже приведена возможная формулировка задания.

Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для определения мощности, выделяемой на резисторе при силе тока 0,4 А.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) запишите формулу для расчёта мощности электрического тока;
- 3) укажите результаты измерения напряжения при силе тока 0,4 А;
- 4) запишите численное значение мощности электрического тока.

Краткий отчёт

1) Электрическая схема:
2) Формула для расчёта:
3) Результаты измерений:
4) Мощность тока равна $P =$ _____

Задание 2.18. (Пример выполнения по фотографиям.)

Определите работу электрического тока за 10 минут в лампочке, включенной в электрическую цепь (фото 2.33), если погрешность прямого измерения силы тока $\Delta I = 0,05$ А, а погрешность прямого измерения напряжения $\Delta U = 0,20$ В.

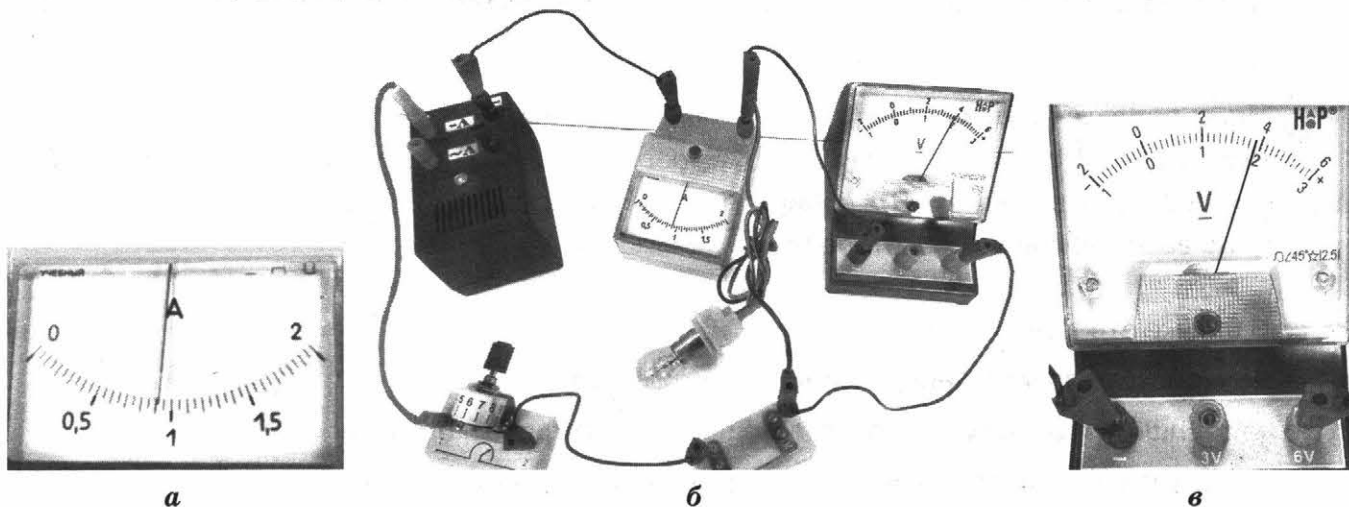


Фото 2.33

Из фотографий мы видим, что амперметр имеет предел измерения 2 А, цена деления шкалы 0,05 А.

Сила тока равна $I = I_0 \pm \Delta I = (0,90 \pm 0,05) \text{ А} \approx 0,9 \text{ А}$.

У вольтметра предел измерения 6 В, цена деления шкалы 0,2 В.

$U = U_0 \pm \Delta U = (3,8 \pm 0,2) \text{ В} \approx 3,8 \text{ В}$.

Работа тока за 10 мин равна: $A = U \cdot I \cdot t = 3,8 \text{ В} \cdot 0,9 \text{ А} \cdot 600 \text{ с} = 2052 \text{ Дж}$.

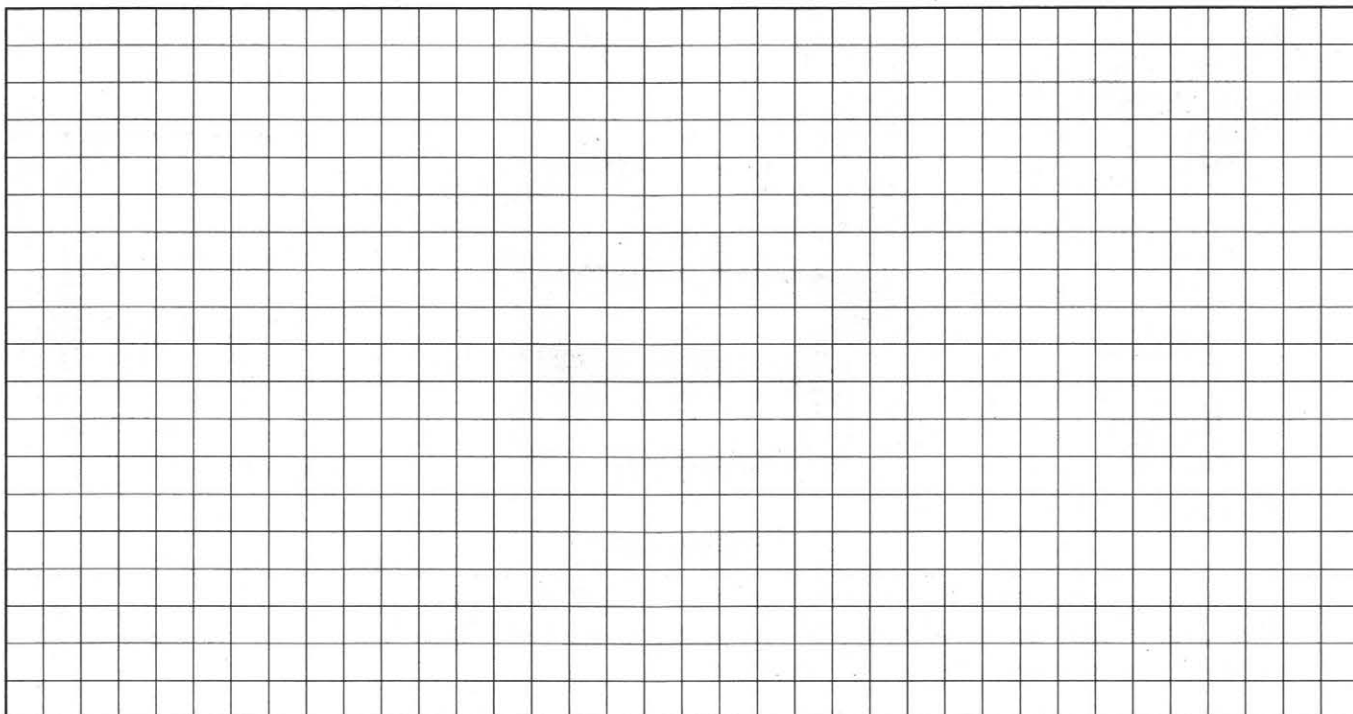
Краткий отчёт

1) Схема электрической цепи:		
2) Формула для расчёта:	$A = U \cdot I \cdot t$.	
3) Результаты измерений:	$I = 0,9 \text{ А}$ $U = 3,8 \text{ В}$	
4) Работа за 10 мин:	$A = 3,8 \text{ В} \cdot 0,9 \text{ А} \cdot 600 \text{ с} = 2052 \text{ Дж}$.	

Задание 2.19. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

По фото 2.34 определите работу, совершённую электрическим током за 5 минут в спирали лампочки в электрической цепи.

Краткий отчёт

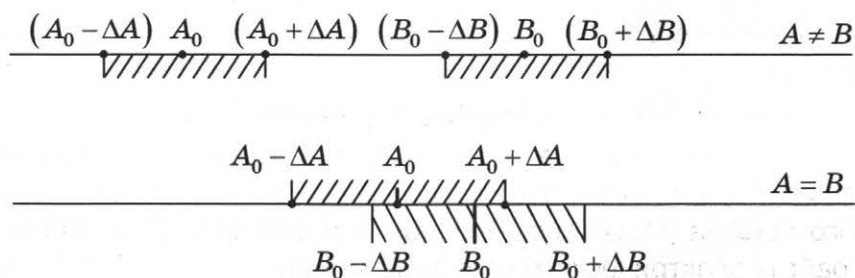


§3. Проверка правила сложения напряжений при последовательном соединении резисторов и правила сложения сил токов при параллельном соединении

1. Сравнение измеренных физических величин

При экспериментальной проверке закономерностей необходимо определять, равны или нет значения измеренных с некоторыми погрешностями физических величин.

Пусть величина A измерена с погрешностью ΔA , т.е. $A = (A_0 \pm \Delta A)$, а величина B измерена с погрешностью ΔB , т.е. $B = (B_0 \pm \Delta B)$. Тогда $A \neq B$, если интервалы $(A_0 - \Delta A) \leq A \leq (A_0 + \Delta A)$ и $(B_0 - \Delta B) \leq B \leq (B_0 + \Delta B)$ не пересекаются. Если же они пересекаются, то A и B считаются равными (см. рис.).



Задание 2.22

На фото 2.36 представлена электрическая цепь (а), в которой измеряется напряжение на параллельно включенных лампочке и резисторе. Погрешность верхнего вольтметра (б) равна 0,25 В, а нижнего (в) 0,3 В. Одинаково или нет напряжение на лампочке и резисторе?

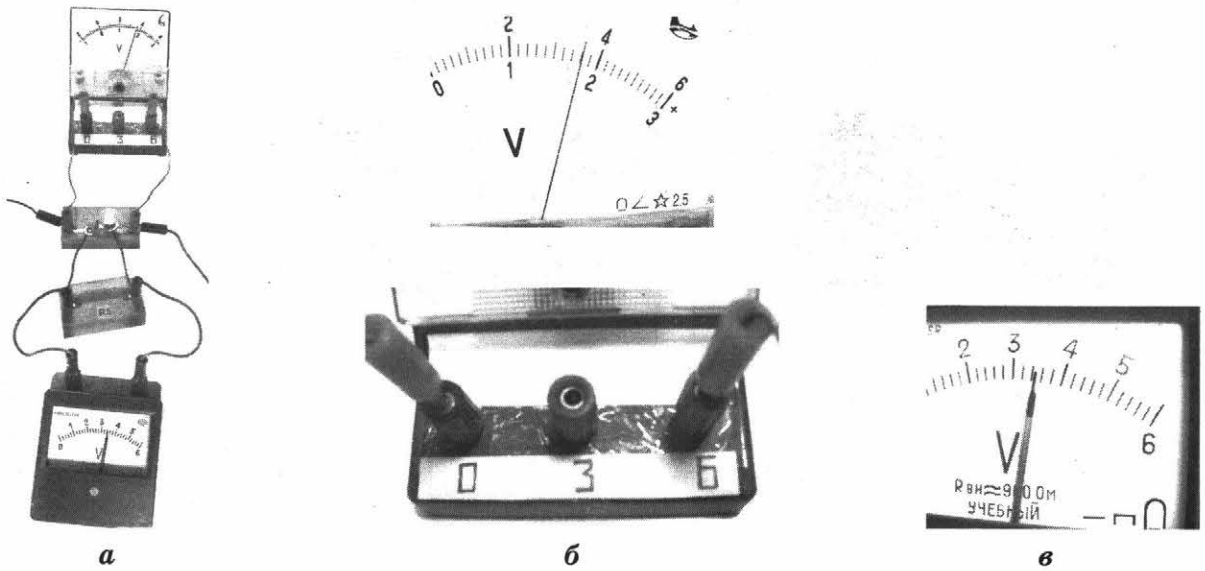
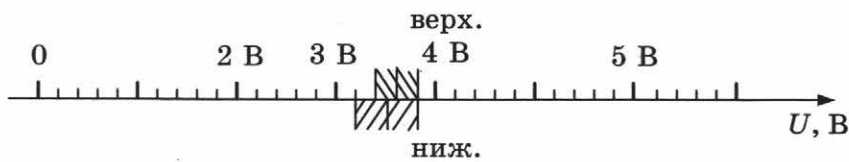


Фото 2.36

Показание верхнего вольтметра (на лампочке): $3,60 \pm 0,25$ В.

Показание нижнего вольтметра (на резисторе): $3,5 \pm 0,3$ В.

Отмечаем эти интервалы на числовой оси:



Интервалы пересекаются, значит, напряжение на лампе равно напряжению на резисторе.

2. Проверка правила сложения напряжений при последовательном соединении резисторов

Задание 2.23. (Пример выполнения по фотографиям.)

Проверьте правило сложения напряжений при последовательном соединении резисторов R_1 и R_2 в электрической цепи, приведённой на фото 2.37 и 2.38.

Погрешность прямого измерения напряжения вольтметром равна $\Delta U = 0,3$ В.

На фото 2.37 показан фрагмент цепи, схема которого приведена на рисунке. Мы видим, что напряжение $U_1 = (1,2 \pm 0,3)$ В.

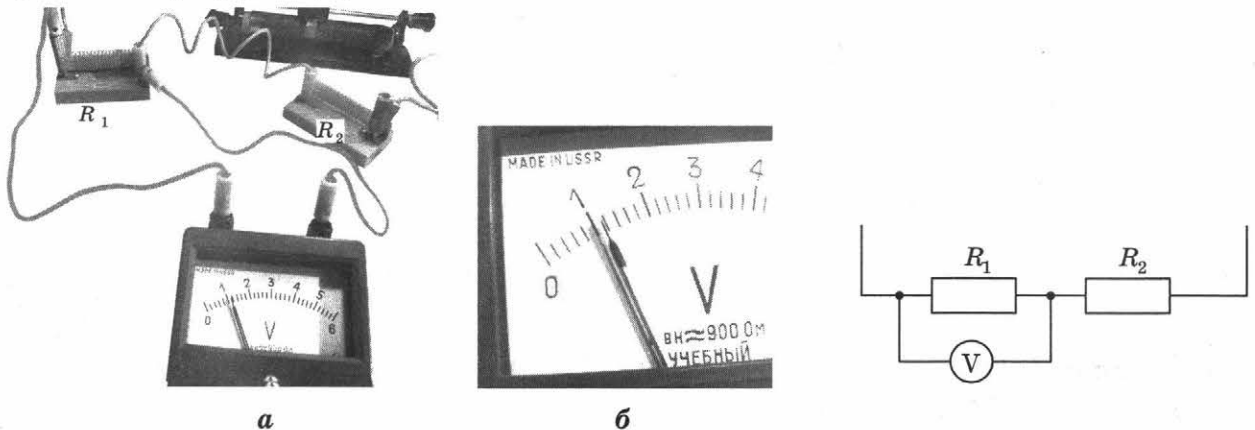


Фото 2.37

Далее вольтметр переключим на резистор R_2 (фото 2.38): $U_2 = (2,6 \pm 0,3)$ В.

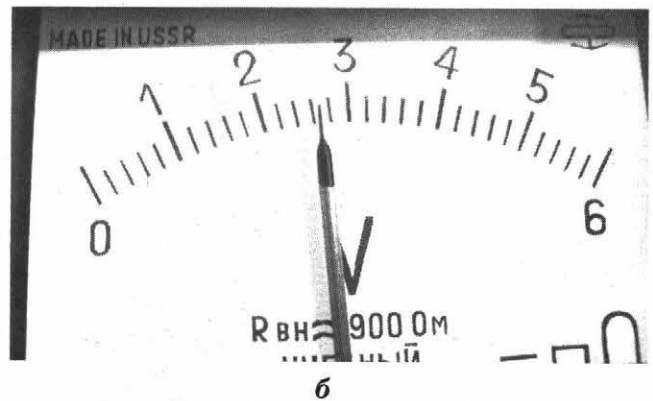
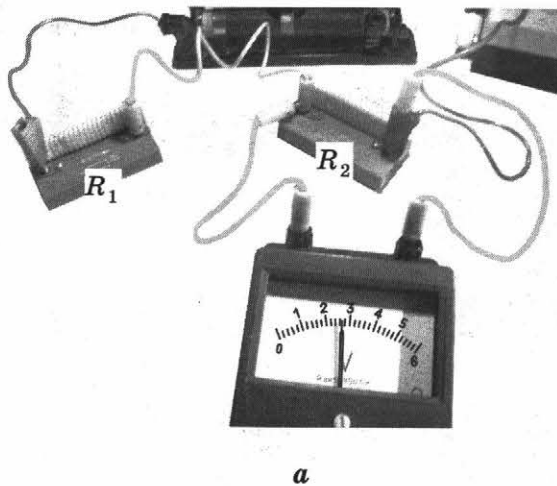


Фото 2.38

Считаем общее напряжение:

$$U = U_1 + U_2 = (1,2 \pm 0,3) \text{ В} + (2,6 \pm 0,3) \text{ В} = (3,8 \pm 0,6) \text{ В} \approx 3,8 \text{ В}.$$

(Вы помните, что при сложении погрешности складываются.)

Теперь измеряем общее напряжение (фото 2.39):

$$U_0 = (4,0 \pm 0,3) \text{ В} \approx 4 \text{ В}.$$

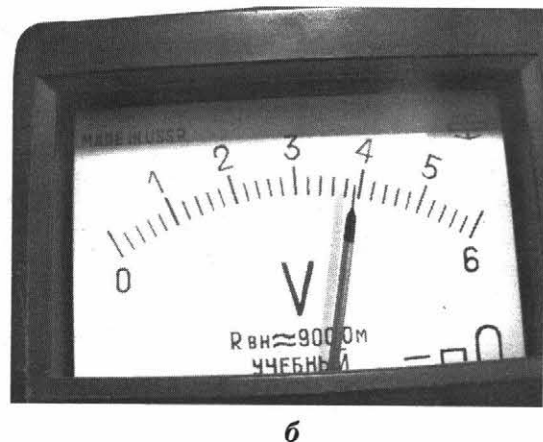
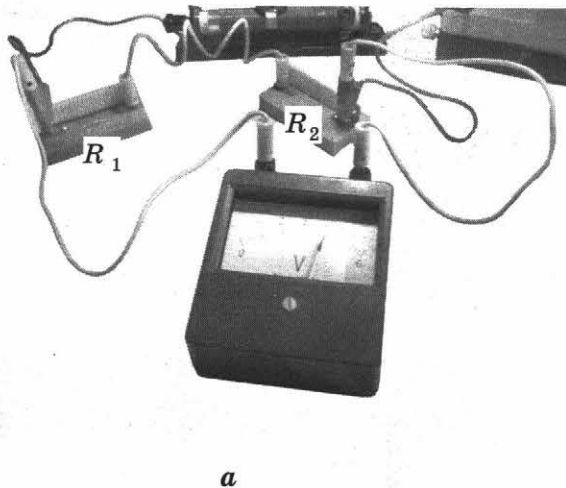
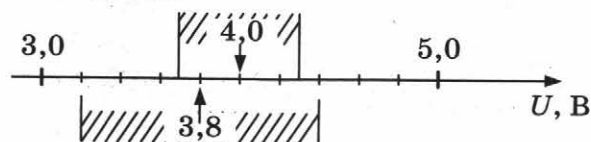


Фото 2.39

Отмечаем U и U_0 на числовой оси:



Вывод: Интервалы $(3,8 - 0,6) \text{ В} \leq U \leq (3,8 + 0,6) \text{ В}$ и $(4,0 - 0,3) \text{ В} \leq U_0 \leq (4,0 + 0,3) \text{ В}$ пересекаются (см. рис.), следовательно, величины равны. Правило $U = U_1 + U_2$ выполняется.

Важное замечание.

Мы показали, как всё делать правильно и точно. Но на экзамене у вас мало времени. Поэтому всё упрощаем.

На ОГЭ пишем так:

Вывод: $U \approx 3,8 \text{ В}$ с учётом погрешности равно $U_0 \approx 4 \text{ В}$. Правило $U = U_1 + U_2$ выполняется.

Задание 2.24. (Самостоятельное выполнение по фотографии.)

Начертите схему электрической цепи, приведённой на фото 2.40. Измерьте силу тока и общее напряжение на двух резисторах и определите их общее сопротивление.

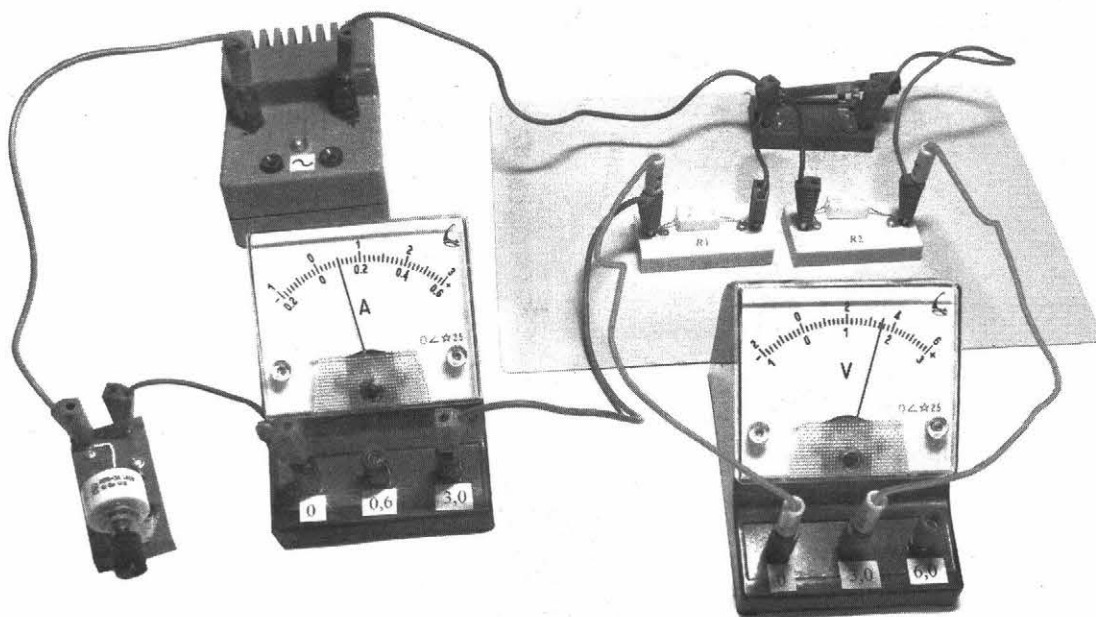
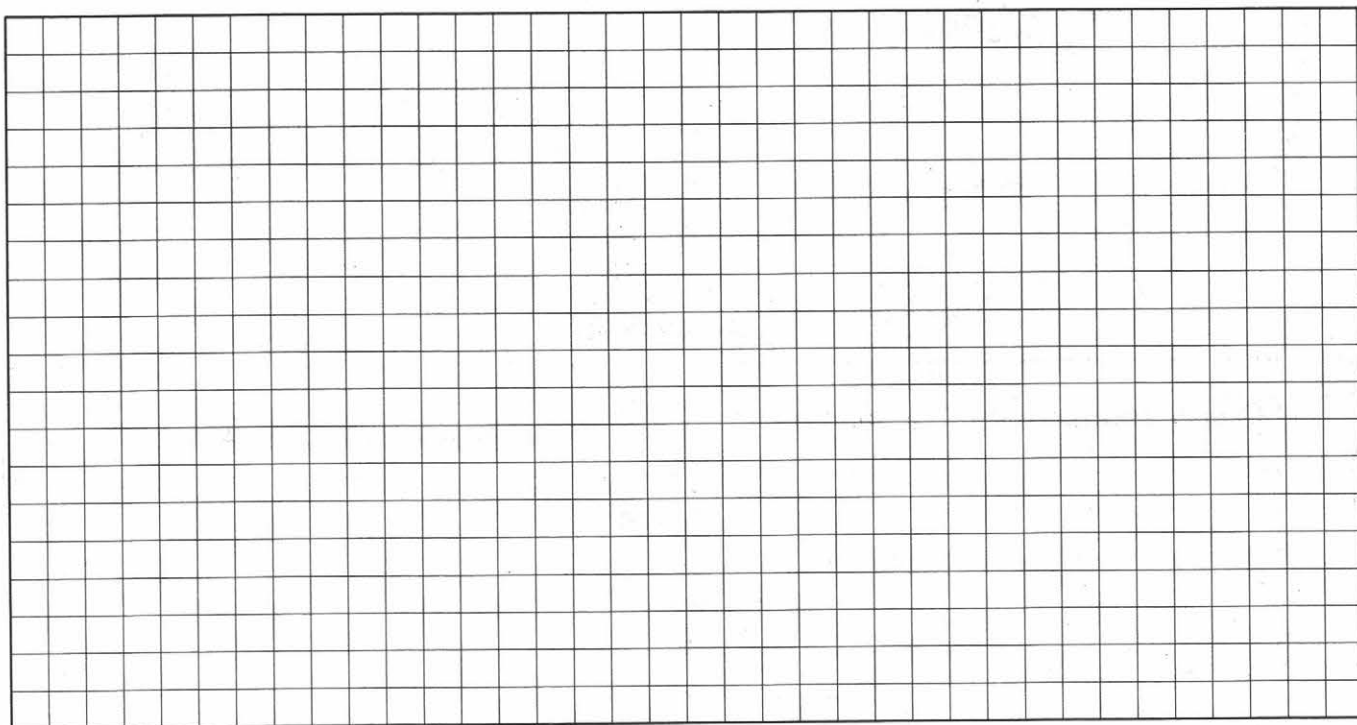


Фото 2.40



Задание 2.25. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

На фото 2.41 приведена электрическая цепь, на которой ученик проверял правило сложения напряжений при последовательном включении резисторов. На фото 2.42 приведены показания вольтметра: (а) — результат измерения напряжения на резисторе R_1 , (б) — на резисторе R_2 , (в) — общее напряжение.

Погрешность измерения равна 0,2 В.

Подтвердил ли эксперимент правило сложения напряжений?

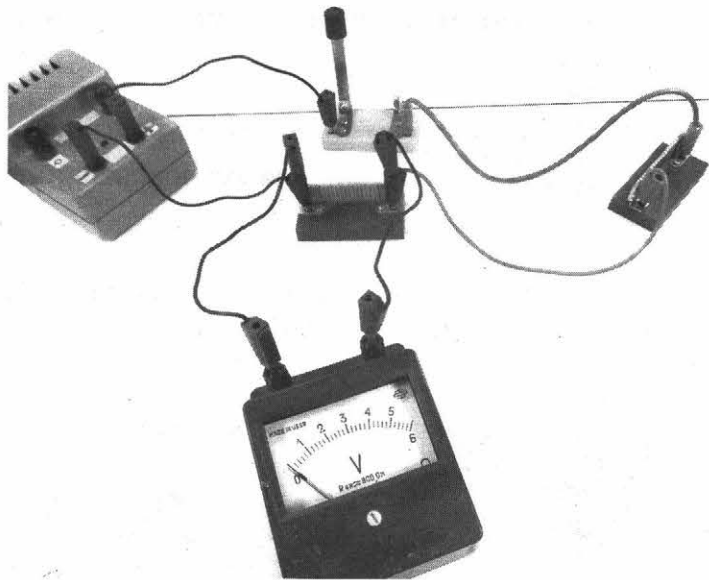
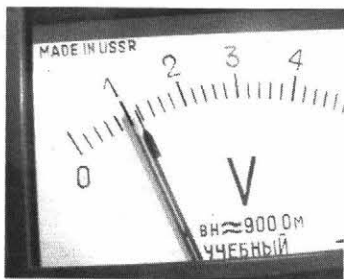
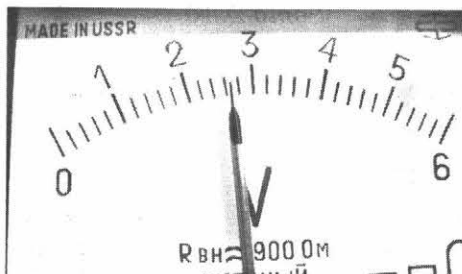


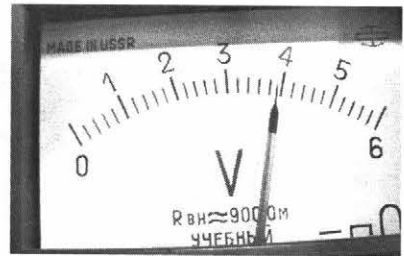
Фото 2.41



а



б



в

Фото 2.42

Краткий отчёт

1) Схема электрической цепи:

2) Результаты измерений:

$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_{\text{общ.измер.}}, \text{В}$	$U_{\text{общ.}} = (U_1 + U_2), \text{В}$

3) $U_{\text{общ.измер.}}$ и $U_{\text{общ.}}$ с учётом погрешности

Вывод: правило сложения напряжений при последовательном соединении

$$U_{\text{общ.}} = U_1 + U_2$$

3. Проверка правила сложения сил токов при параллельном соединении резисторов

Задание 2.26. (Самостоятельное выполнение по фотографии.)

Соберите по фото 2.43 электрическую цепь для исследования параллельного соединения.

Начертите схему этой цепи.

Измерьте силу тока и напряжение в приведённой цепи. Запишите их значения с учётом погрешностей. Рассчитайте общее сопротивление двух резисторов.

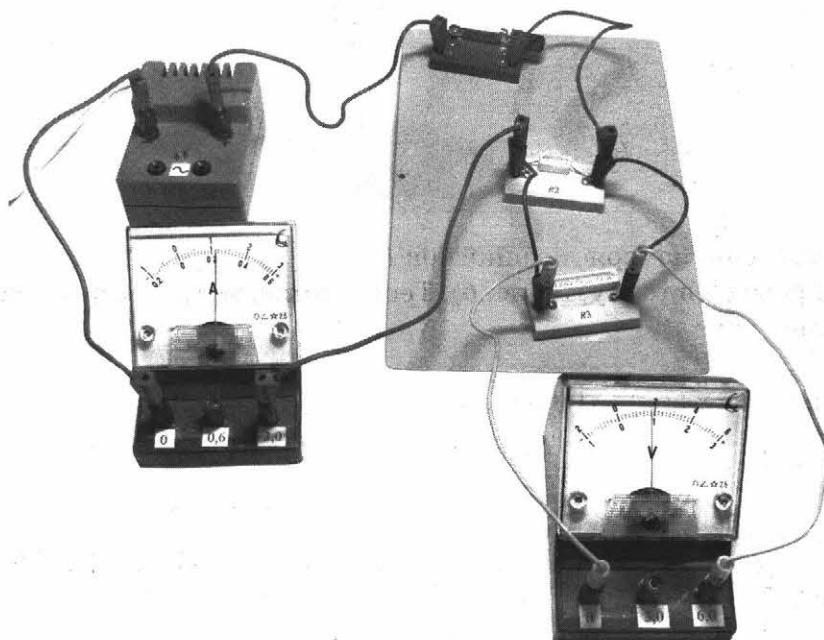
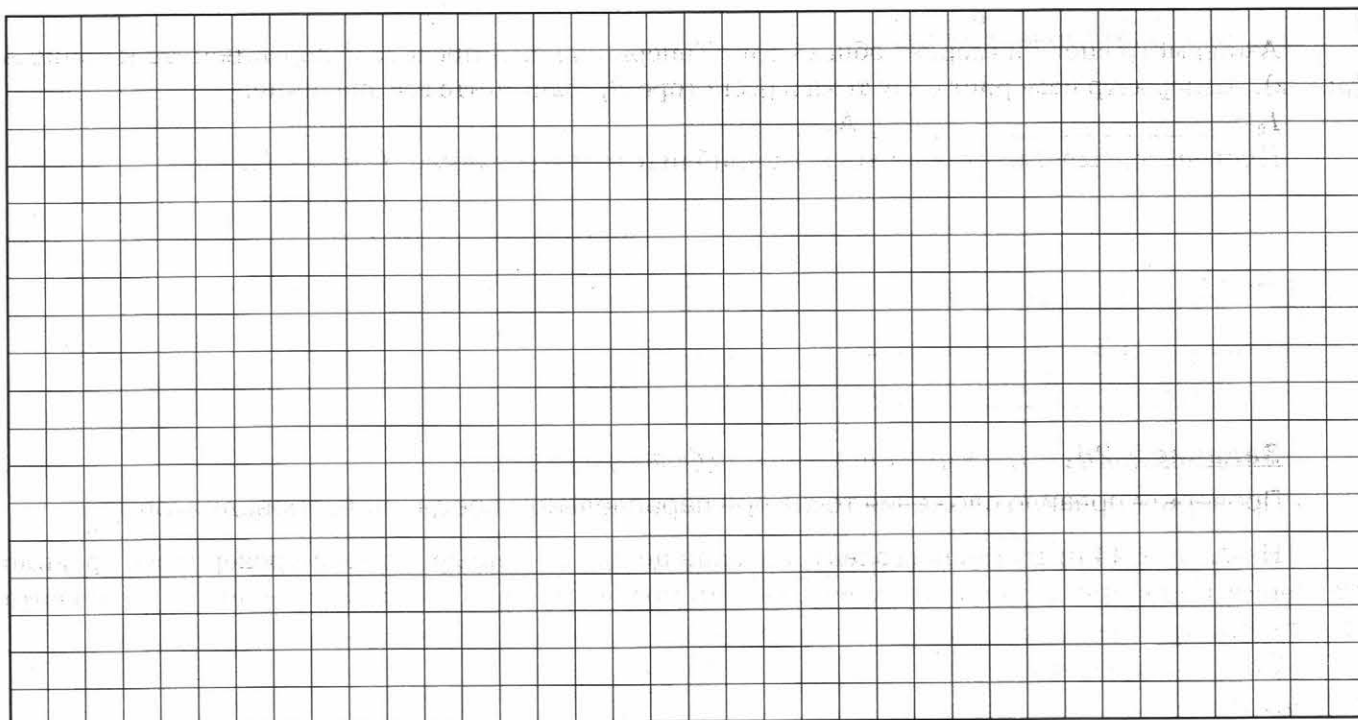


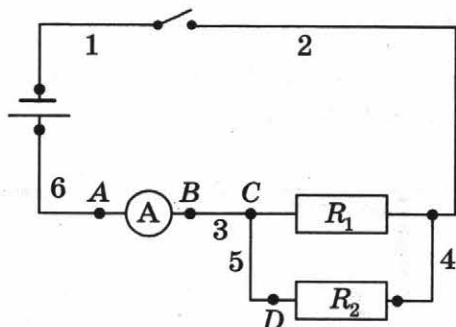
Фото 2.43



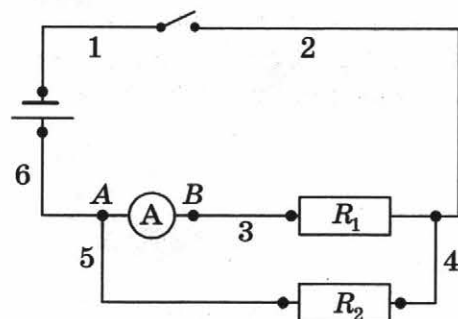
Задание 2.27

Измерьте силу тока через разные сопротивления.

На рисунке *a* начерчена схема электрической цепи, представленной в задании 2.26 (см. фото 2.43), без вольтметра.



a



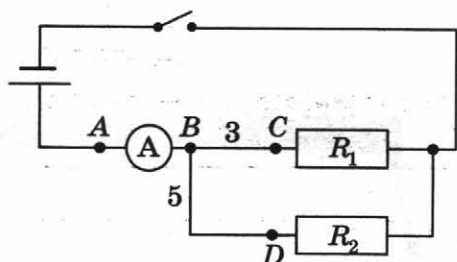
б

Амперметр в этой цепи измеряет общий ток $I_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ А.

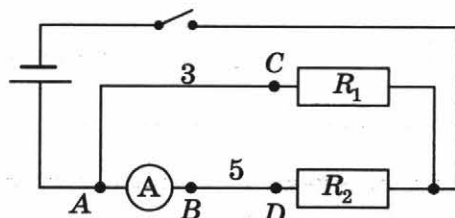
Переключите провод 5 в точку А (рис. *б*). Теперь амперметр измеряет силу тока в резисторе R_1 . Запишите его значение. $I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ А.

Как измерить I_2 ?

Подключите провод 5 к точке В (рис. *в*).



в



г

Амперметр снова измеряет общий ток. Теперь конец В провода 3 переключите к точке А (рис. *г*). Амперметр измеряет силу тока в резисторе R_2 . Запишите его значение:

$I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ А.

Проверьте, выполняется ли хотя бы приблизительно правило: $I_0 = I_1 + I_2$.

Задание 2.28. (Пример выполнения по фотографиям.)

Проверьте правило сложения токов при параллельном соединении проводников.

На фото 2.44 представлена электрическая цепь, с помощью которой проверялось правило сложения токов при параллельном соединении проводников, а на рисунке — схема фрагмента этой цепи.

Сначала измерим общий ток (фото 2.45). Погрешность прямого измерения силы тока $\Delta I = 0,1$ А.

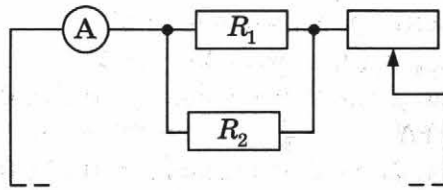
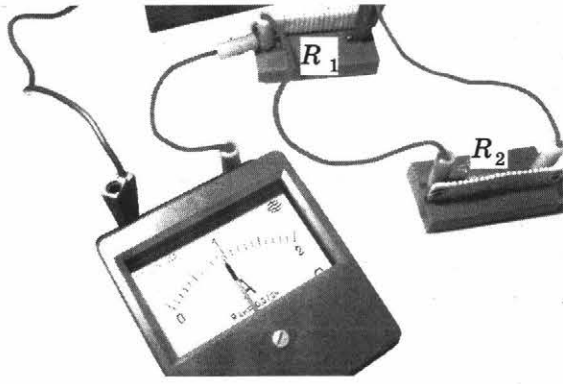
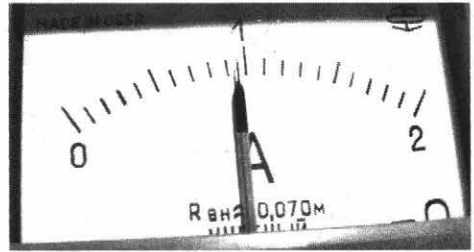


Схема фрагмента цепи



а

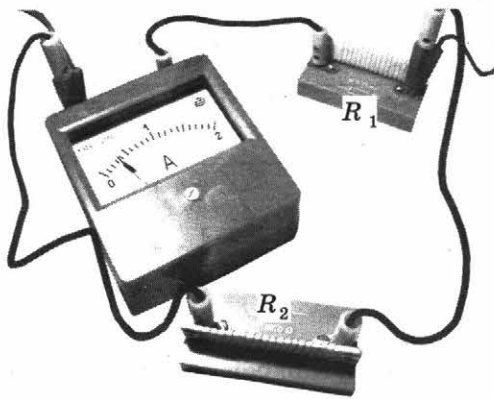
Фото 2.44



б

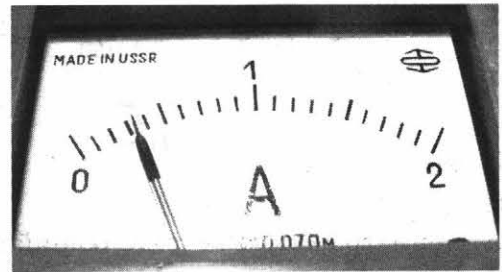
Фото 2.45

Затем измерим силу тока в резисторе R_1 (фото 2.46).



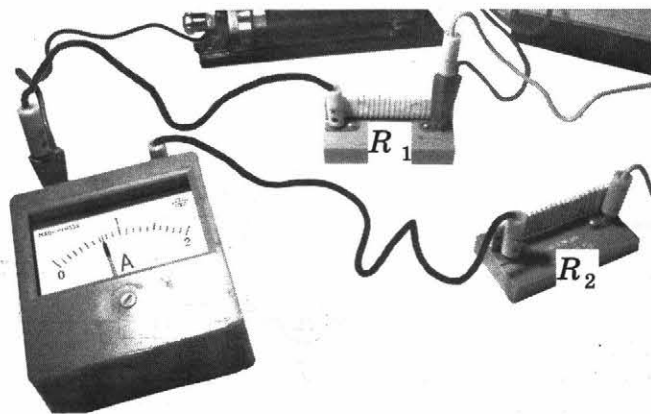
а

Фото 2.46



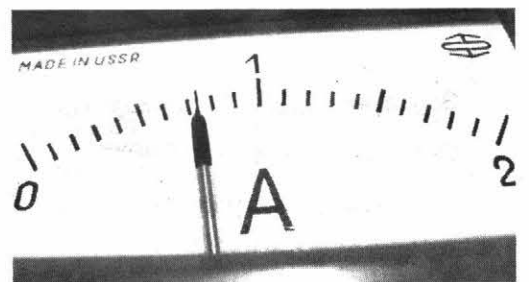
б

Потом измерим силу тока в резисторе R_2 (фото 2.47).



а

Фото 2.47



б

Подтверждает ли эксперимент правило сложения?

Из *фото 2.45* видно, что $I_{\text{измер.}} = (0,9 \pm 0,1) \text{ A} \approx 0,9 \text{ A}$.

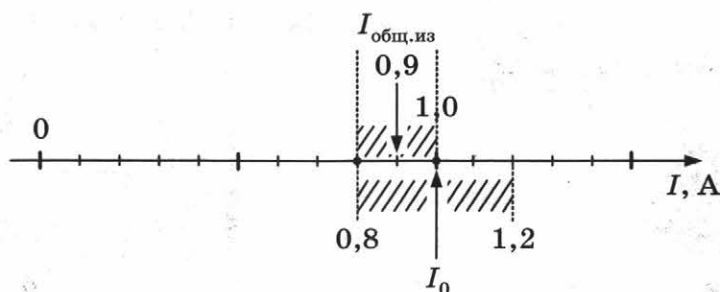
Сила тока в резисторе R_1 (см. *фото 2.46*) равна $I_1 = (0,3 \pm 0,1) \text{ A} \approx 0,3 \text{ A}$.
 $(0,3 - 0,1) \text{ A} \leq I_1 \leq (0,3 + 0,1) \text{ A}$.

Сила тока в резисторе R_2 (см. *фото 2.47*) равна $I_2 = (0,7 \pm 0,1) \text{ A} \approx 0,7 \text{ A}$.
 $(0,7 - 0,1) \text{ A} \leq I_2 \leq (0,7 + 0,1) \text{ A}$

Сумма токов $I_0 = I_1 + I_2 = (0,3 \pm 0,1) \text{ A} + (0,7 \pm 0,1) \text{ A} = (1,0 \pm 0,2) \text{ A} \approx 1 \text{ A}$.
 $0,8 \text{ A} \leq I_0 \leq 1,2 \text{ A}$.

(Не забудьте, что при сложении измеренных значений погрешности складываются.)

Отложим полученные значения на числовой оси (см. рис.).



Вывод: Правило подтверждается, так как интервал измеренного значения силы общего тока и интервал суммы сил токов пересекаются.

Важное замечание. Мы показали, как всё делать правильно и точно. Но на экзамене у вас мало времени. Поэтому всё упрощаем.

На ОГЭ по физике: округляем все измеренные величины и погрешности не пишем. Пишем так:

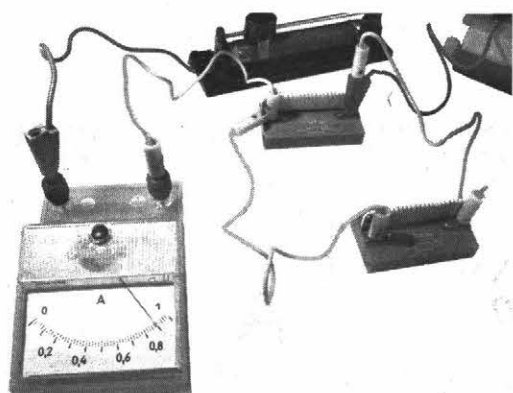
Вывод: $I_{0 \text{ измер.}} \approx 0,9 \text{ A}$ с учётом погрешности равно $I_0 \approx 1 \text{ A}$. Правило при параллельном соединении проводников $I_0 = I_1 + I_2$ выполняется.

Задание 2.29. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

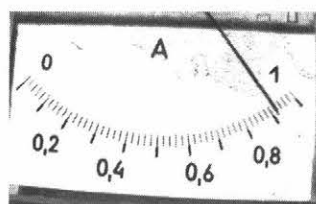
Проверка правила сложения сил токов при параллельном соединении резисторов. Погрешность измерения силы тока $\Delta I = 0,03 \text{ A}$.

На *фото 2.48* представлена электрическая цепь с параллельным соединением резисторов. Фотография *б* показывает общий ток, а рисунок *в* — схему цепи.

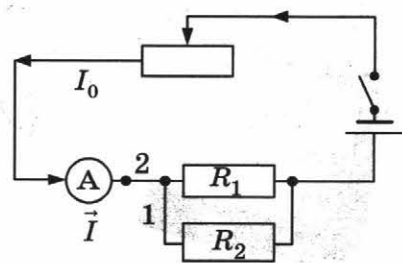
Фото 2.49 позволяют определить ток в резисторе R_1 , а *фото 2.50* — ток в резисторе R_2 .



а



б



в

Фото 2.48

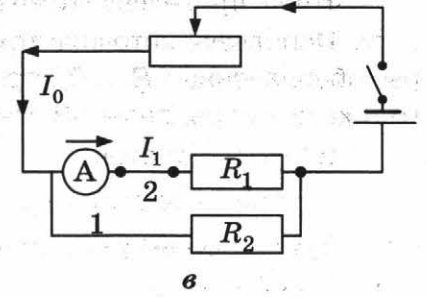
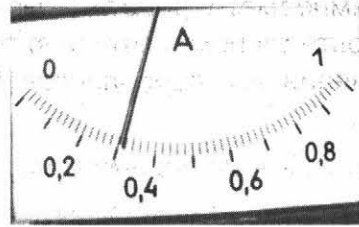
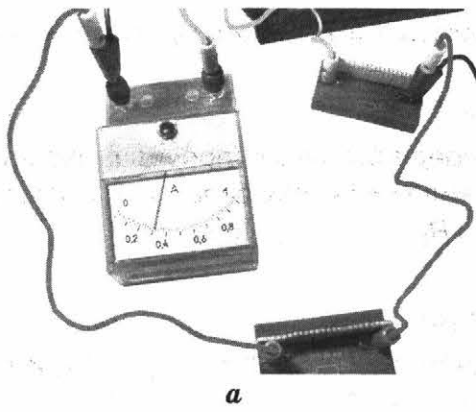


Фото 2.49

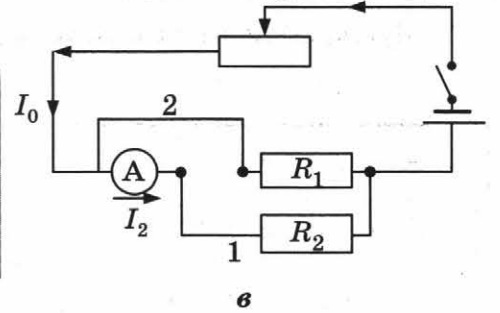
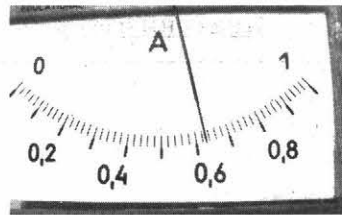
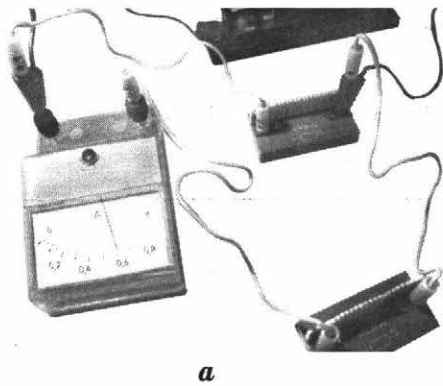


Фото 2.50

Подтверждает ли опыт правило сложения сил токов, если погрешность измерения силы тока равна $\Delta I = 0,03 \text{ A}$?

Подсказка: Чтобы не рисовать три электрические схемы, можно нарисовать одну схему с тремя амперметрами.

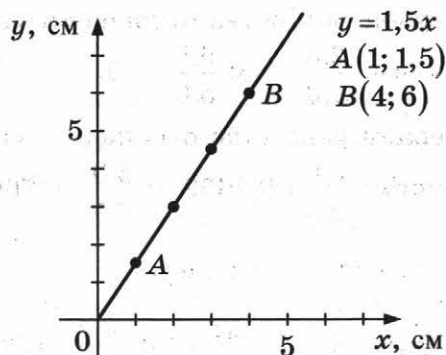
Краткий отчёт

1) *Схема электрической цепи:*

2) *Результаты измерений:*

I_0 измер., A	I_1 , A	I_2 , A	$I_0 = I_1 + I_2$, A

3) **Вывод:**

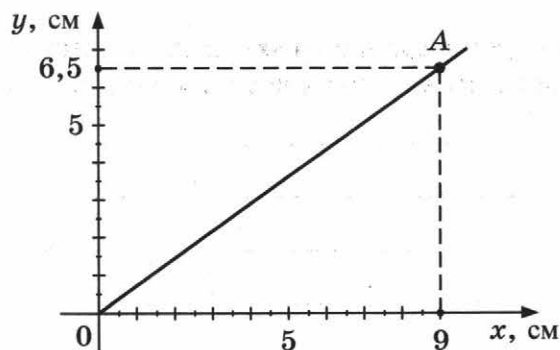


Второй. Координаты любых двух точек $A(x_1; y_1)$ и $B(x_2; y_2)$ пропорциональны друг другу:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{y_1}{y_2} \text{ или } \frac{x_1}{y_1} = \frac{x_2}{y_2}.$$

Если на координатной плоскости с известным масштабом по осям проведена прямая, всегда можно определить коэффициент « b » в выражении $y = bx$.

Для этого мы выберем такую точку A , координаты которой «точно» совпадают со штрихами $A(9,0; 6,5)$ (см. рис.).



Следовательно, коэффициент « b » в формуле $y = bx$ равен $b = 6,5 / 9,0 = 0,722\dots \approx 0,72$.

Как записать зависимость? Точное выражение: $y = (6,5 / 9,0) \cdot x$; приближённое:

$y \approx 0,7 \cdot x$. Частное $0,722$ мы округляем до десятых, так как координаты известны «до десятых».

Если координаты заданы в табличной форме, то проверить прямую пропорциональность можно, проверив пропорциональность координат для любых двух точек.

Рассмотрим пример.

Точки	O	a	b	c	d	e	f
Координаты							
$x, \text{ см}$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$y, \text{ см}$	0	1,3	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8

Возьмём точки (b) и (e) .

1-й способ проверки: проверяем равенство отношения «иксов» и отношения «игреков» двух точек. Для выбранных точек получим: $\frac{5,0}{2,0} = 2,5; \frac{6,5}{2,6} = 2,5$.

2-й способ проверки: проверяем равенство отношения «играка к иксу» каждой из двух точек. Для выбранных точек получим: $\frac{2,6}{2,0} = 1,3$; $\frac{6,5}{5,0} = 1,3$.

3-й способ проверки: проверяем равенство отношения «икса к игреку» каждой из двух точек. Для выбранных точек получим: $\frac{2,0}{2,6} = 0,7692\dots$; $\frac{5,0}{6,5} = 0,7692\dots$

Удобно, конечно, для всех точек брать отношение $\frac{y}{x}$.

Тогда сразу определяем коэффициент b : $\frac{1,3}{1,0} = 1,3$; $\frac{2,6}{2,0} = 1,3$; $\frac{7,8}{6,0} = 1,3$;

$$y = 1,3 \cdot x$$

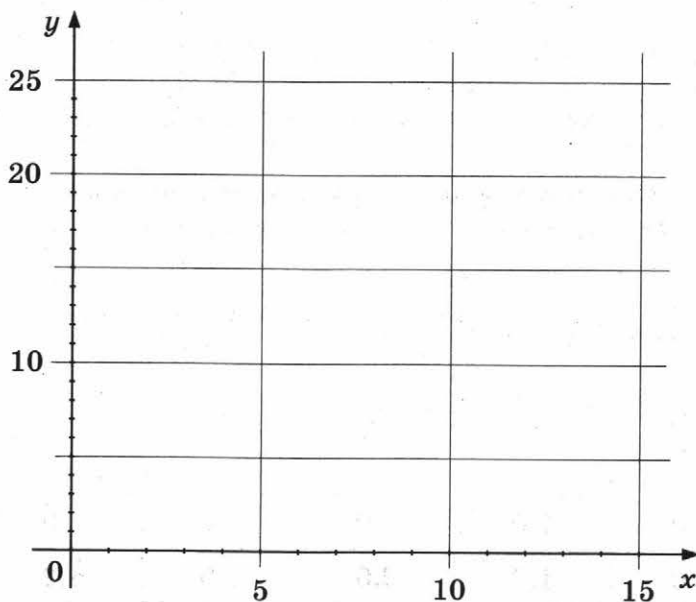
Из двух способов проверки прямой пропорциональности предпочтительнее графический.

Задание 2.31

В таблице приведены координаты точек.

y , см	0	3,2	9,6	12,8	17,6	22,4
x , см	0	1,6	4,8	6,4	8,8	11,3

Проверьте гипотезу: « y » пропорционален « x ». Если гипотеза выполняется, то найдите коэффициент пропорциональности « b » в уравнении $y = bx$ и постройте график зависимости.



2) Даже в математических примерах, когда координаты точек мы считаем точными, возникают приближённые значения, и следовательно, погрешности.

Рассмотрите *график 1*:

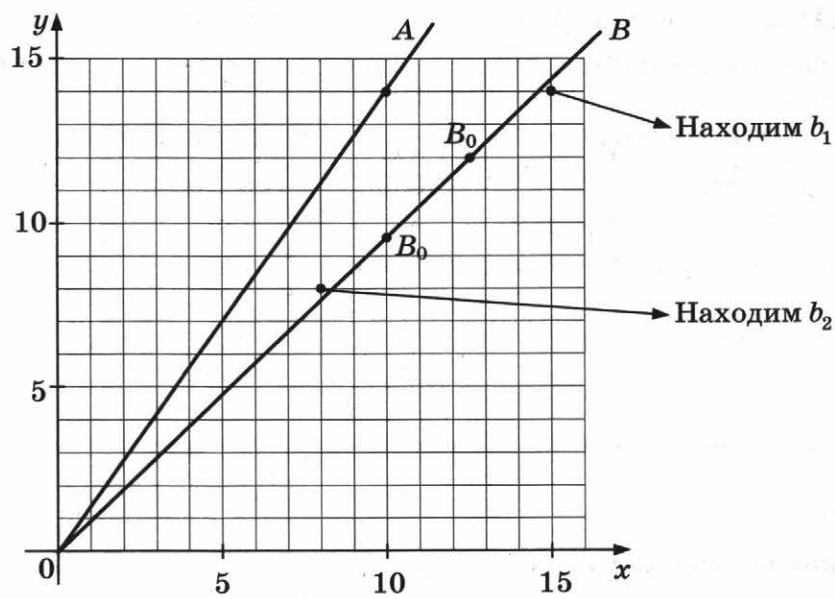


График 1

Для прямой A можно отыскать точку, координаты которой в выбранном масштабе — точные, а для прямой B вы такую точку уже не найдёте. В уравнении этой прямой коэффициент « b » можно отыскать лишь с некоторой погрешностью.

Задание 2.32

Определите коэффициент « b » в уравнении $y = bx$ для прямой A (см. график 1).

Задание 2.33

Определите приблизительное значение коэффициента « b » в уравнении $y = bx$ для прямой B (см. график 1).

Для этого надо на прямой B найти такую точку B_0 , у которой одна из координат — точное значение, а другая — ближе всего к «половинке».

Задание 2.34

Определите наименьшее значение b_1 и наибольшее значение b_2 коэффициента « b » в уравнении $y = bx$ для прямой B .

Для нахождения b_1 надо отыскать «под прямой» наиболее близкую к прямой точку с целыми координатами.

Для нахождения b_2 надо отыскать такую точку «над прямой» B .

3) В физических исследованиях координаты измеряются и, следовательно, погрешности их неизбежны.

Пусть величина y измеряется с погрешностью Δy , которая равна одной клеточке на вертикальной оси, а величина x — с погрешностью Δx , равной двум клеточкам (график 2). Тогда любая точка, отображающая результаты эксперимента, превращается в прямоугольник со сторонами $2\Delta y = 2$ клетки и $2\Delta x = 4$ клетки, и где точка внутри прямоугольника, мы не знаем.

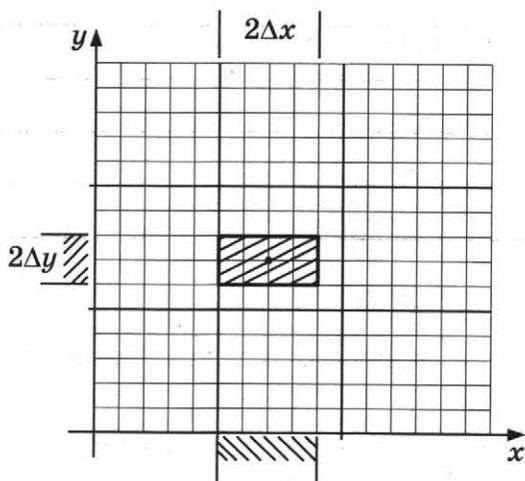


График 2

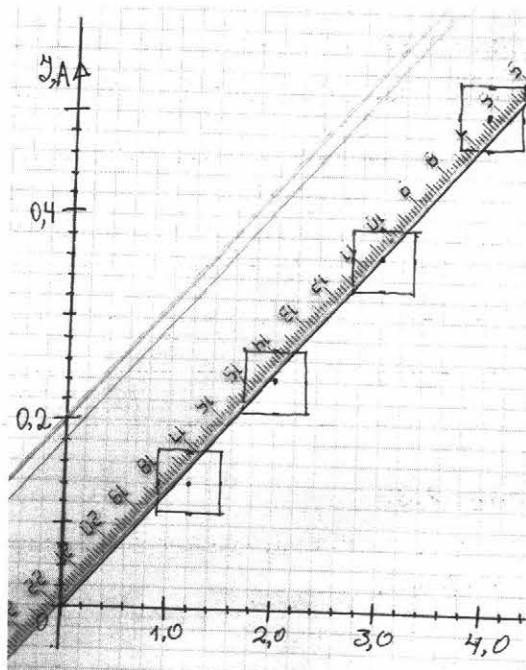


Фото 2.51

Именно это и позволяет нам провести прямую. Надо взять прозрачную линейку и наложить её на координатную плоскость так, чтобы она прошла через все прямоугольники и совсем необязательно через точки (фото 2.51).

Для определения коэффициента « b » в уравнении прямой $y = bx$ выбираем точку A (см. график 3), координаты которой близки к штрихам, и находим, что $b = \frac{7}{6} = 1,16$.

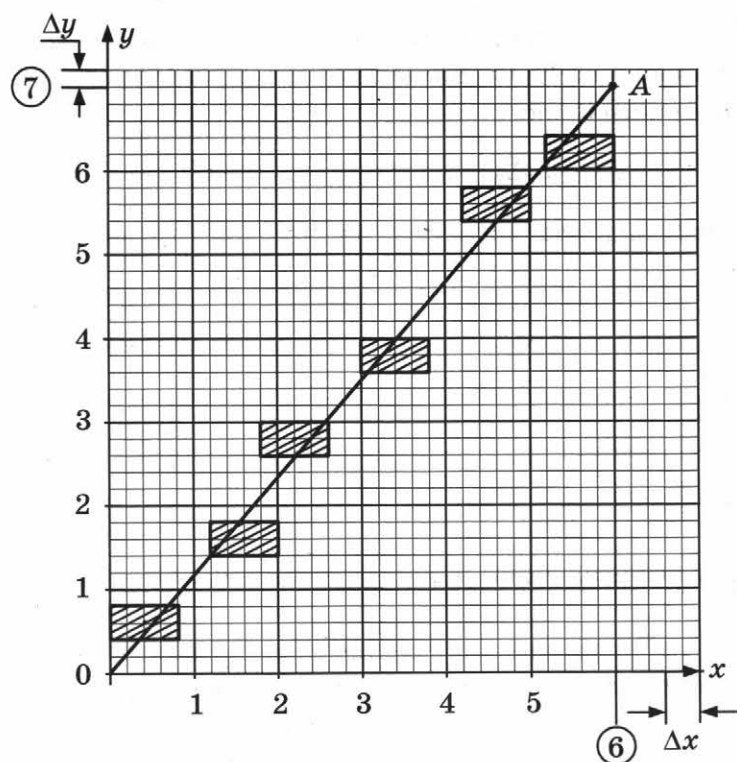


График 3

Конечно, « b » определено с погрешностью Δb . Имеются две составляющие этой погрешности: первая связана с тем, как мы расположили прозрачную линейку; вторая — с тем, что координаты точки A имеют погрешность. Если точки расположены «плотно» с небольшим разбросом, то при расположении линейки вы ошибётесь не очень сильно. Тогда достаточно определить вторую составляющую погрешности. Как это сделать?

Надо взять координаты самых «крайних» вершин прямоугольника (график 4):

- вершину I (5,6; 7,2);
- вершину II (6,4; 6,8).

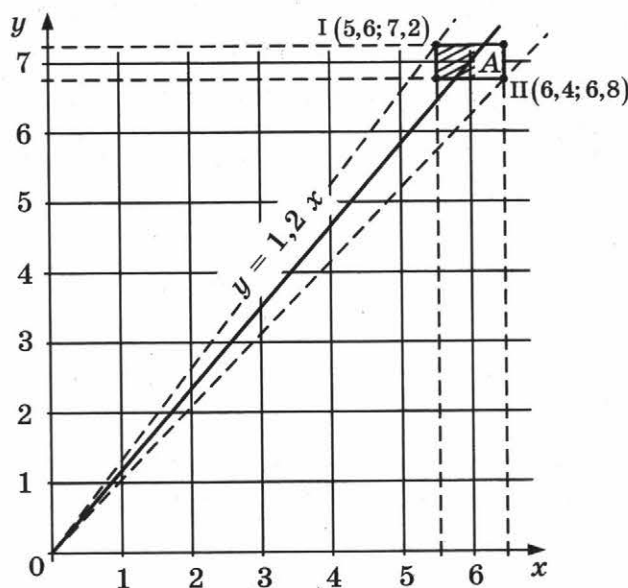


График 4

Так как $b = \frac{y}{x}$, то *наибольшее* возможное значение « b » равно частному от деления *наибольшего* значения y и *наименьшего* значения x : $b_1 = \frac{7,2}{5,6} \approx 1,3$.

Наименьшее возможное значение « b » равно частному от деления *наименьшего* значения y и *наибольшего* значения x : $b_2 = \frac{6,8}{6,4} = 0,9$, т.е. $0,9 \leq b \leq 1,3$.

На *графике 4* эти две прямые проведены пунктиром. Хорошо видно, что они ограничивают сектор, в котором вы помещали линейку при построении графика.

2. Экспериментальные исследования зависимости силы тока от напряжения

Задание 2.35. (Пример выполнения по фотографиям.)

На *фото 2.52* представлена электрическая цепь по исследованию зависимости силы тока через резистор от напряжения на его концах.

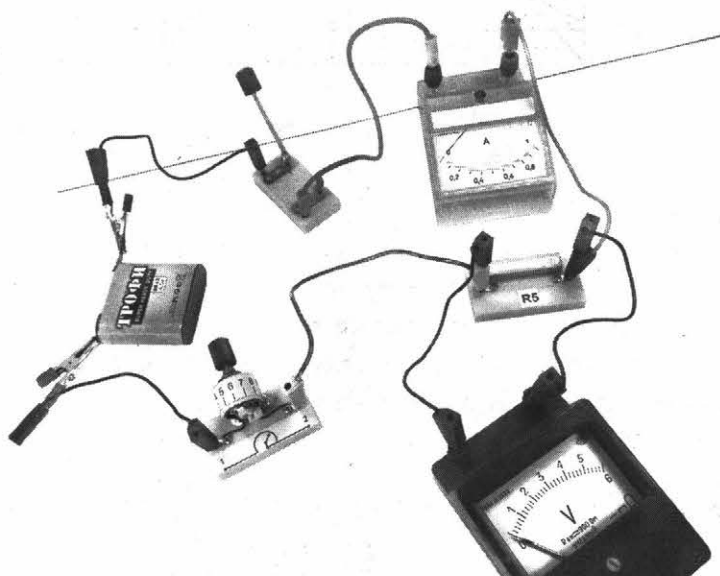
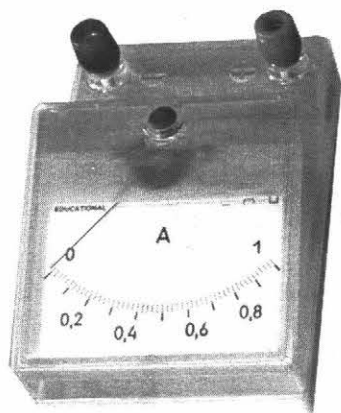
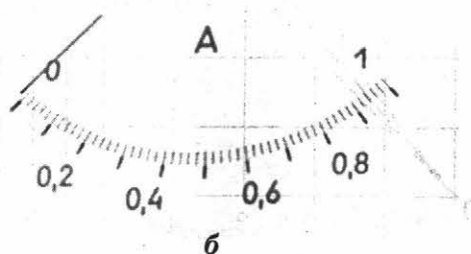


Фото 2.52

На *фото 2.53, 2.54* представлены шкалы приборов.



а



б

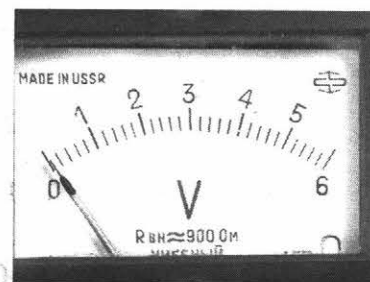
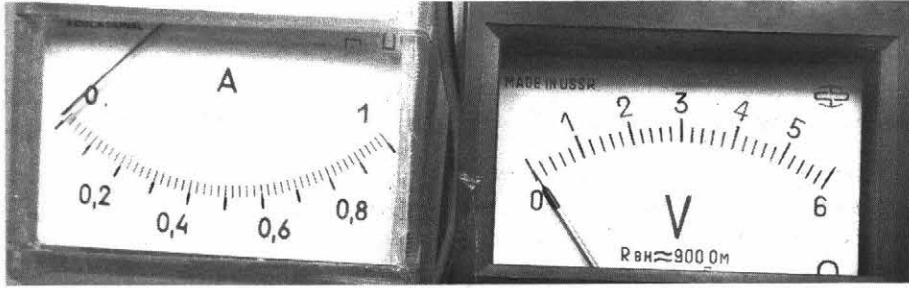


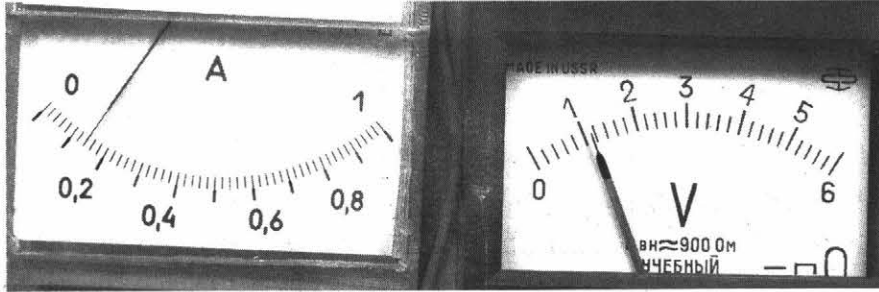
Фото 2.54

Фото 2.53

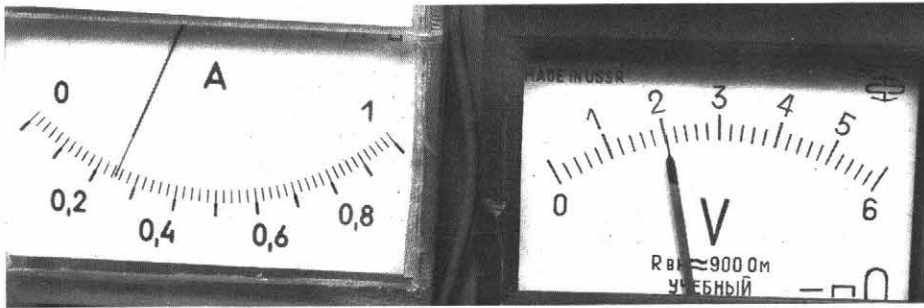
На фото 2.55 (а-д) показаны результаты совместных измерений напряжения и силы тока.



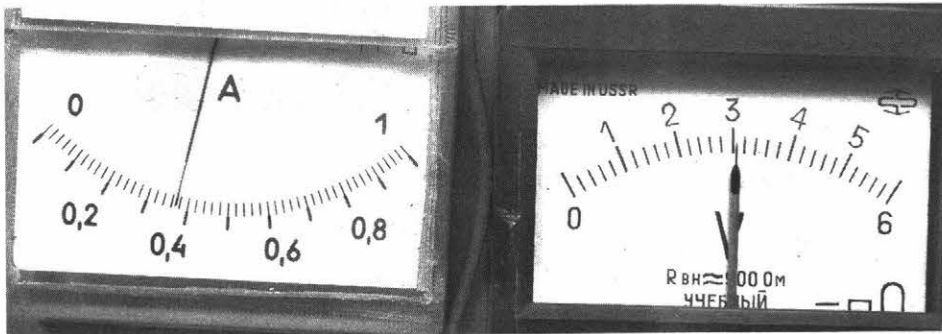
а



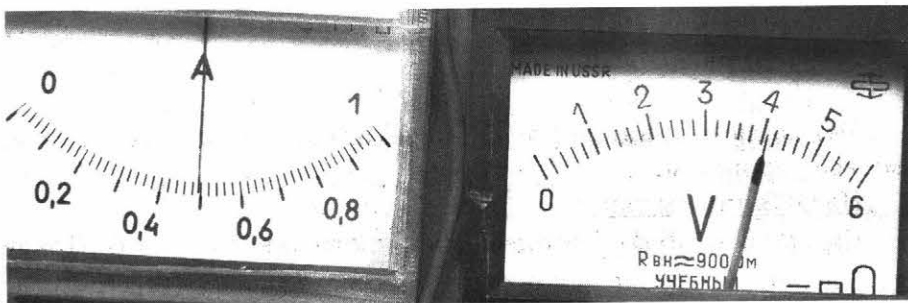
б



в



г



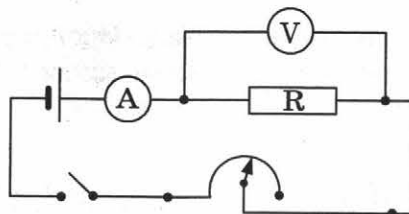
д

Фото 2.55

Исследуйте зависимость силы тока от напряжения на концах резистора.

Погрешность измерения амперметра равна 0,03 А, а вольтметра 0,3 В.

Начертим схему электрической цепи:



Определяем (пользуясь фото 2.53–2.54) предел измерения и цену деления приборов (табл. 1).

Таблица 1

Прибор	Предел измерения	Цена деления	Погрешность прямого измерения
Амперметр	0 – 1 А	0,02 А	0,03 А
Вольтметр	0 – 1 В	0,2 В	0,3 В

Анализируя фото 2.55 показаний приборов при проведении совместных измерений силы тока и напряжения, заполним табл. 2.

Таблица 2

$U, В$	0	1,2	2,0	3,0	4,0
$I, А$	0	0,14	0,24	0,36	0,50
Отношение $\frac{U}{I} = R$	–	8,6	8,3	8,3	8,0

Находим частное $\frac{U}{I}$ в каждом опыте.

Если эти частные в строке близки друг к другу, то эксперимент подтверждает, что сила тока прямо пропорциональна напряжению.

Второй способ проверки прямой пропорциональности: построение графика зависимости силы тока от напряжения (график 5).

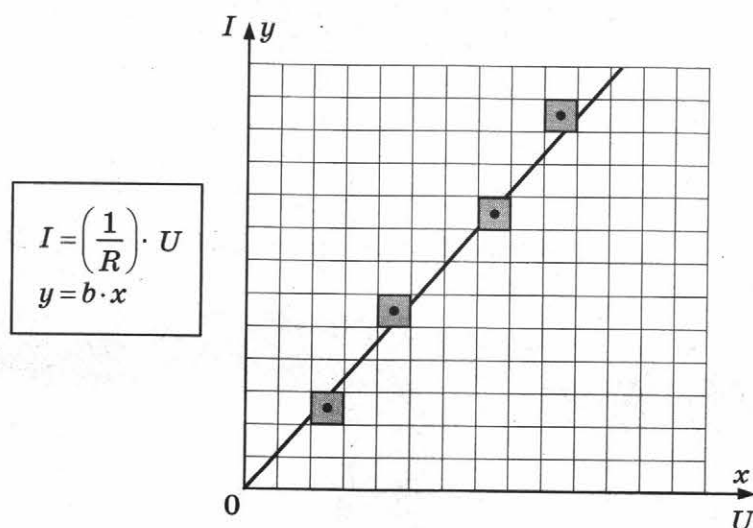


График 5

График подтвердил, что сила тока пропорциональна напряжению.

Важное замечание. Если на ОГЭ вы напишите упрощённый вывод: «С увеличением напряжения сила тока растёт», то это тоже будет верным.

Задание 2.36. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

На фото 2.56 представлена электрическая цепь. Исследуйте зависимость силы тока через проволочный резистор от напряжения между концами проволоки.

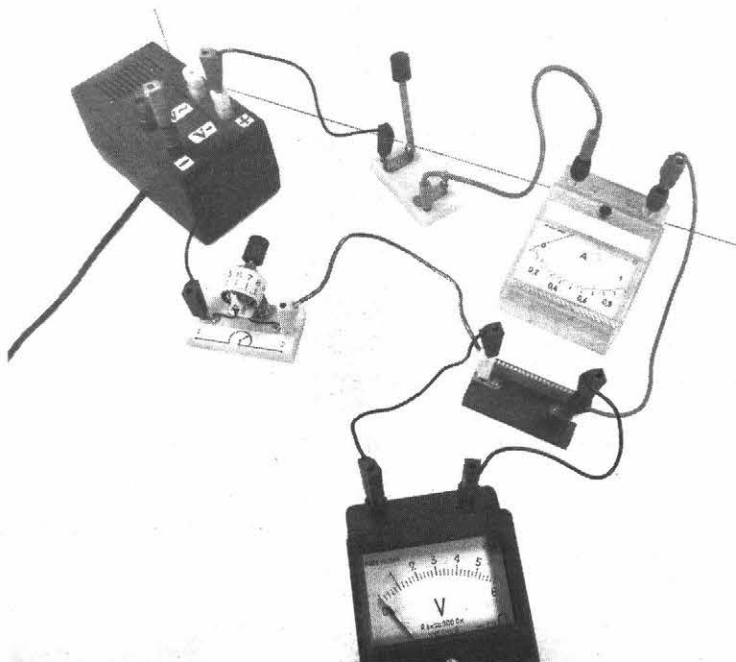
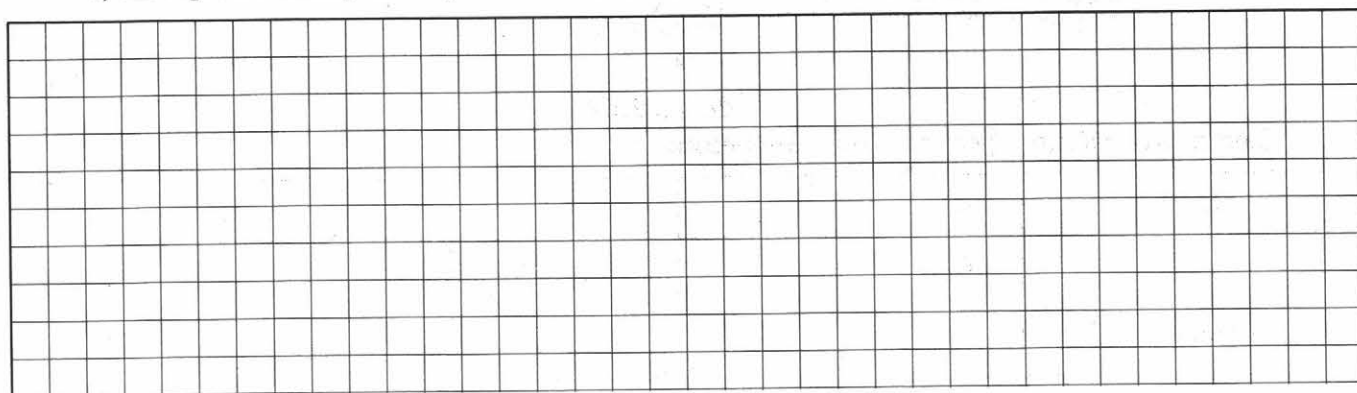


Фото 2.56

1) Начертите схему электрической цепи:



2) На фото 2.57 (а-г) представлены результаты совместных измерений силы тока и напряжения.

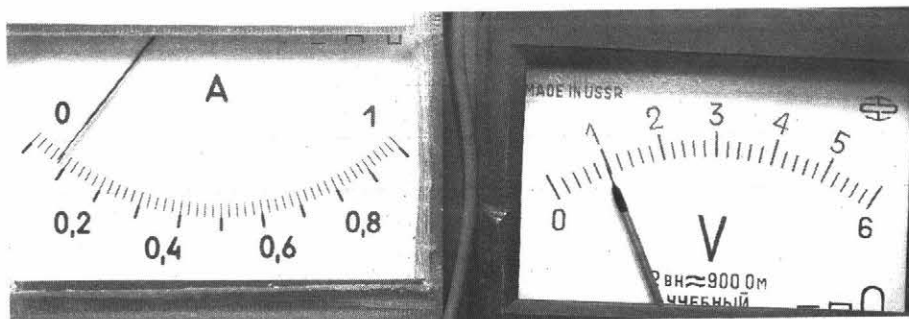
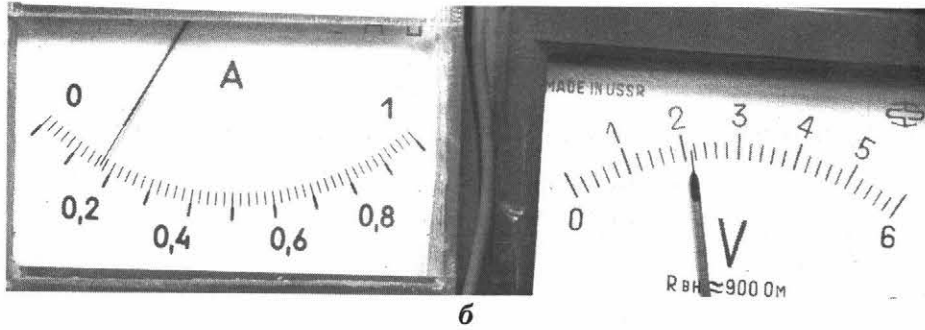
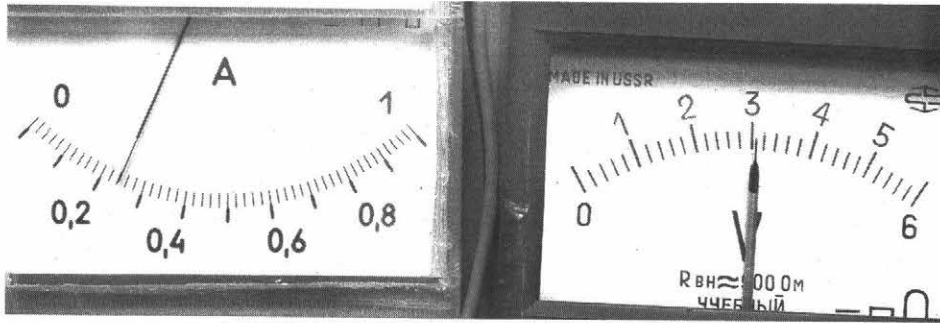


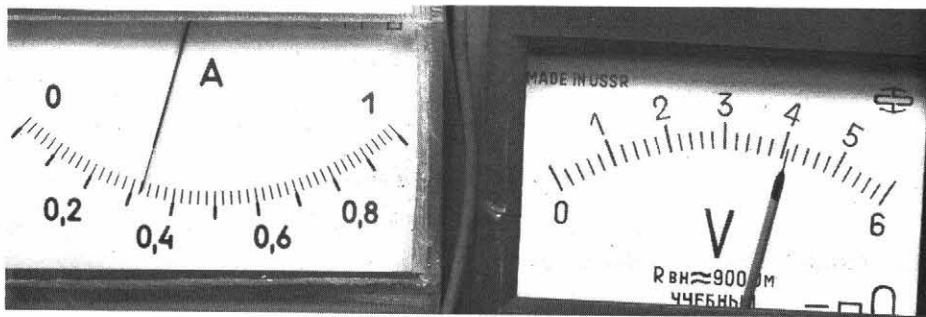
Фото 2.57, а



6



6



2

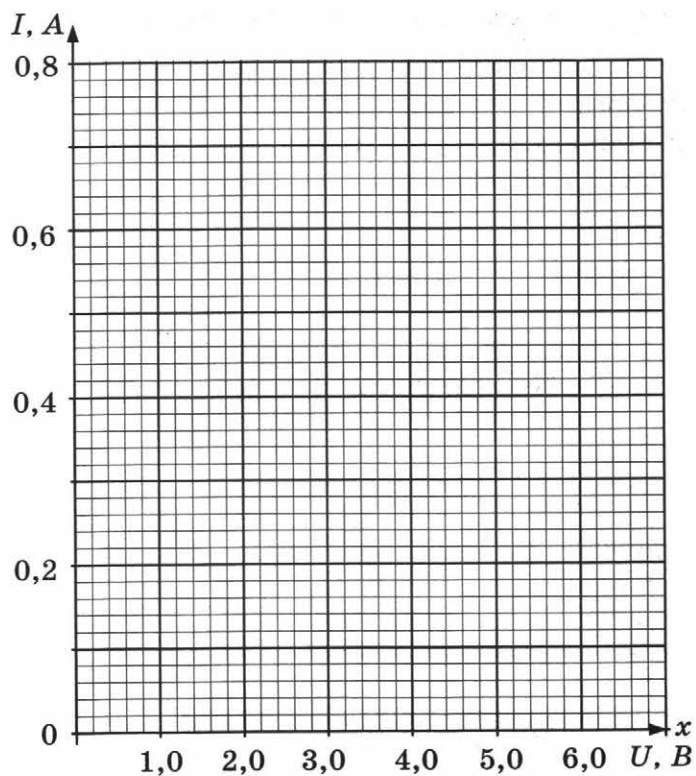
Фото 2.57

Заполните таблицу результатов измерений:

$U, В$	0				
$I, А$	0				
Отношение $\frac{U}{I}$	-				

3) Пользуясь данными таблицы, выясните, справедливо ли для данной проволоки утверждение: сила тока прямо пропорциональна напряжению.

4) Постройте график зависимости силы тока от напряжения и сделайте вывод о виде зависимости силы тока от напряжения.



Составьте краткий отчёт о проведённом исследовании. На ОГЭ результаты измерений можно представить в виде таблицы, а можно в виде графика. И то и другое будет верно.

Краткий отчёт

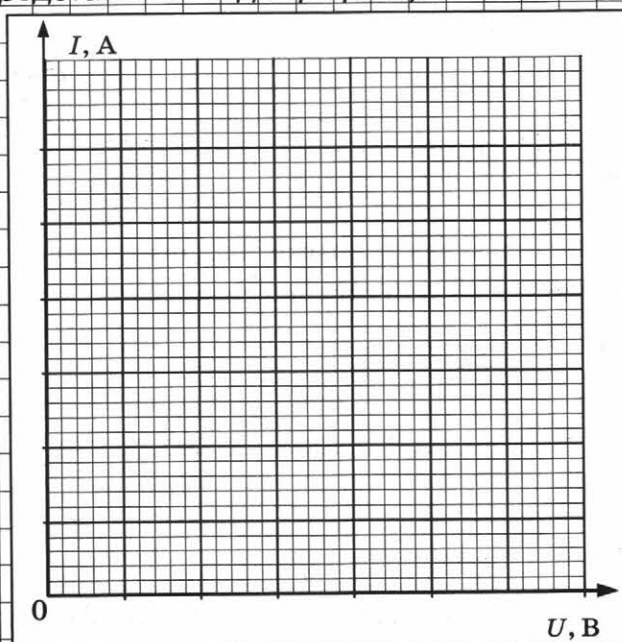
1) *Схема электрической цепи:*

2) *Результаты измерений. (Можно представить в виде графика):*

(Можно представить в виде таблицы):

I, A				
U, B				

3) Вывод:



Задание 3.42. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение по фотографиям).

Ниже приведена возможная формулировка задания.

Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) установив с помощью реостата поочерёдно силу тока в цепи 0,3 А, 0,4 А и 0,5 А и измерив в каждом случае значение электрического напряжения на концах резистора, укажите результаты измерения силы тока и напряжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах.

Электрическая цепь, собранная для выполнения задания, представлена на *фото 2.58*.

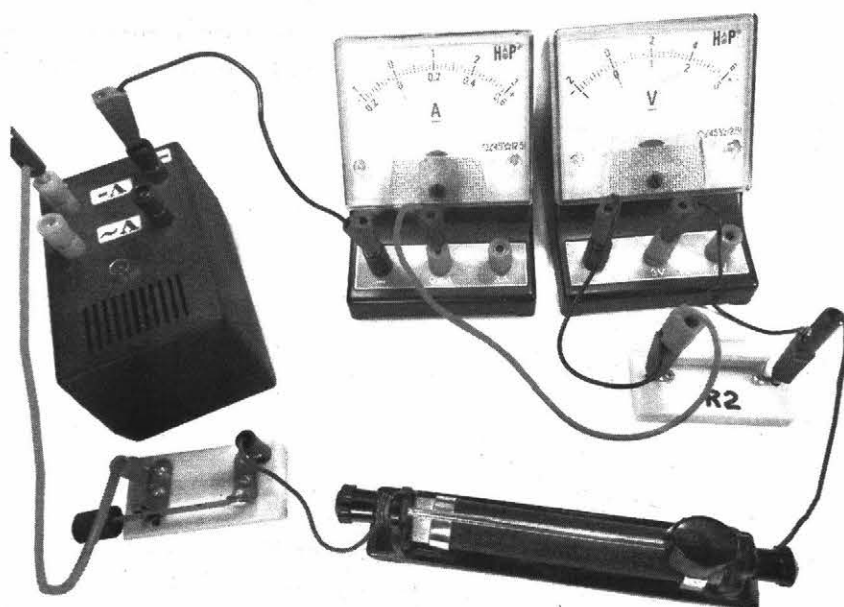
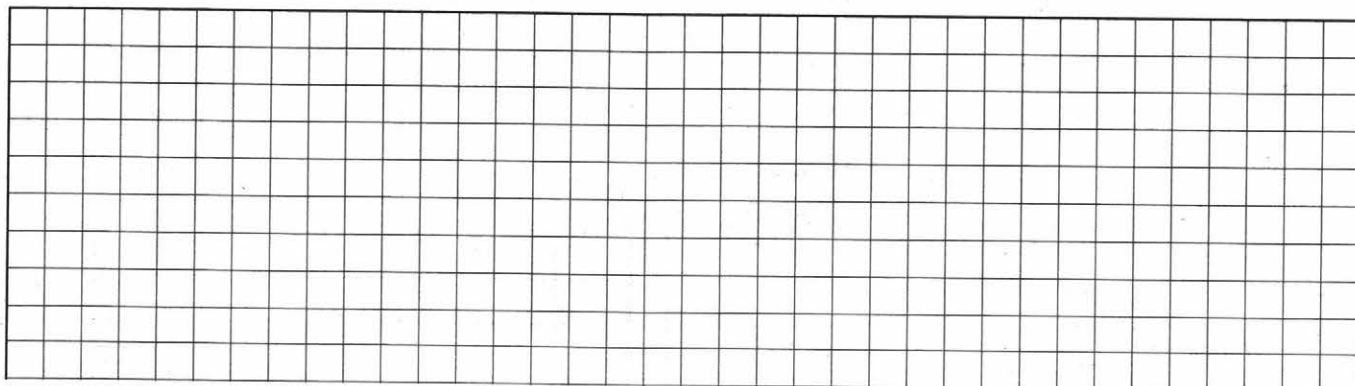
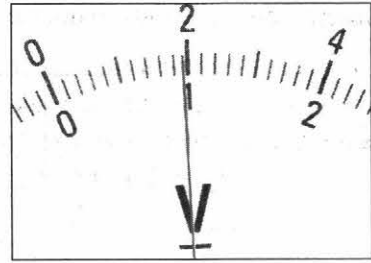
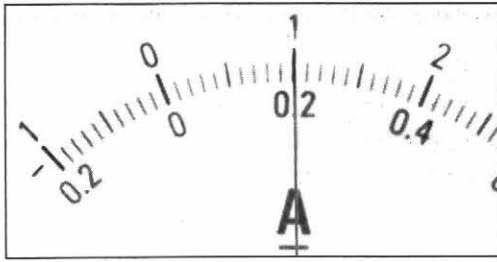


Фото 2.58

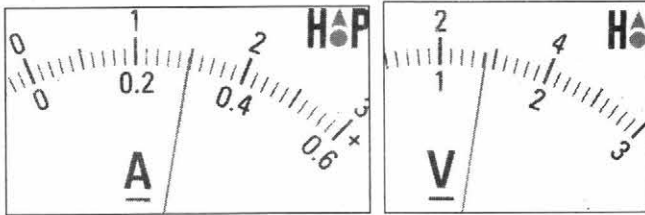
1) Начертите схему электрической цепи:



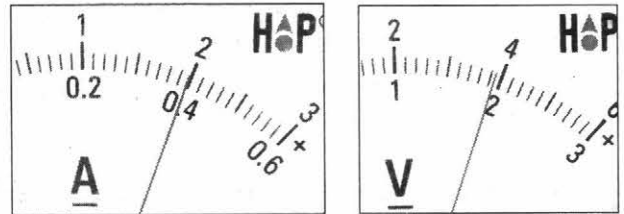
2) Пользуясь *фото 2.59*, впишите в таблицу результаты измерений. Заполните 3-ю строку.



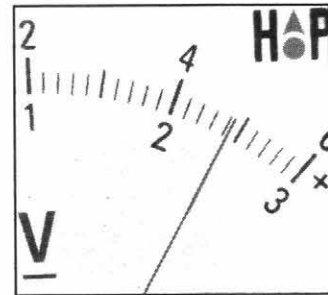
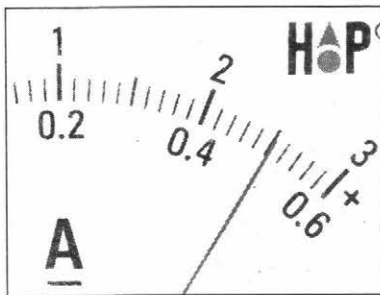
a



б



в



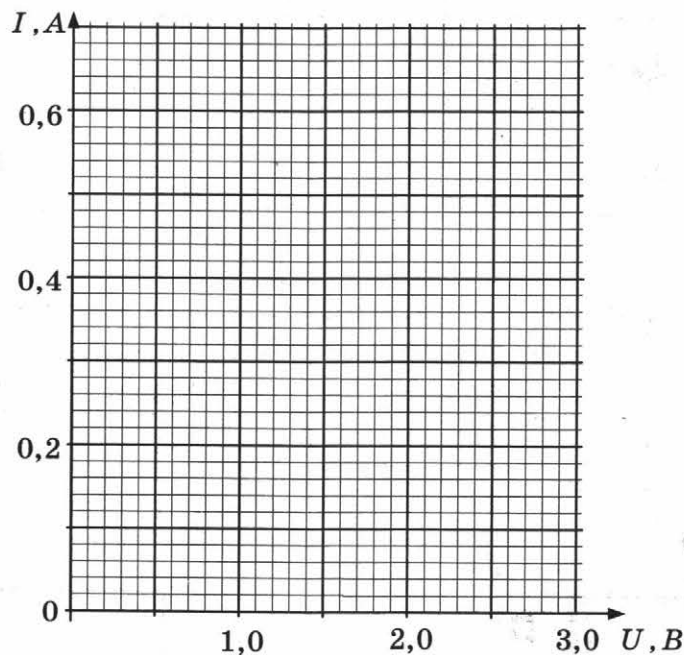
г

Фото 2.59

$U, \text{В}$				
$I, \text{А}$				
$\frac{U}{I}, \text{Ом}$				

3) Сделайте вывод о характере зависимости I от U :

Постройте график зависимости $I(U)$ и сделайте вывод о характере зависимости I от U .



Задание 3.43. Экзаменационное задание (самостоятельное выполнение). Оборудование предоставляется учителем.

Ниже приведена возможная формулировка задания.

Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода и резистор, обозначенный R_2 , соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах.

В бланке ответов:

- 1) нарисуйте электрическую схему эксперимента;
- 2) установив с помощью реостата поочерёдно силу тока в цепи 0,4 А, 0,5 А и 0,6 А и измерив в каждом случае значения электрического напряжения на концах резистора, укажите результаты измерения силы тока и напряжения для трёх случаев в виде таблицы (или графика);
- 3) сформулируйте вывод о зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах.

1) Электрическая схема:

2) Результаты измерений:

3) Вывод:

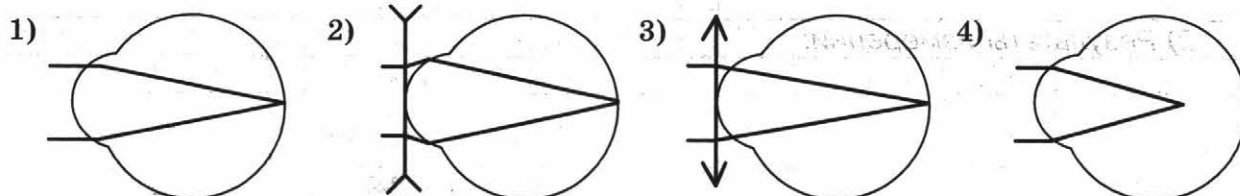
ГЛАВА 3. ОПТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

§1. Измерение фокусного расстояния

1.1. Домашняя подготовка

Задание 3.1

- 1) Какая из представленных на рисунке схем хода параллельного пучка лучей соответствует случаю дальновзорного глаза?



Ответ: _____.

- 2) Вспомните, что называется фокусом собирающей линзы, что такое фокусное расстояние. Узнайте, у кого в вашей семье или знакомых имеются очки с собирающими линзами, чему равна их оптическая сила (сколько в них «диоптрий»), рассчитайте фокусное расстояние этих очков.

Задание 3.2

Измерьте фокусное расстояние линзы «методом окна».

Укрепим на оконном стекле листочек бумаги (*фото 3.1, а*) и получим с помощью линзы, имеющейся у вас дома, чёткое изображение листочка на противоположной стене (*фото 3.1, б*).

Измеряем расстояние от линзы до стенки.

Это расстояние приблизительно равно фокусному расстоянию линзы.

Важное замечание: чем дальше находится линза от окна, тем точнее мы измерим фокусное расстояние. Поэтому предмет, по которому определяется фокусное расстояние, **обязательно** должен быть удалённым.

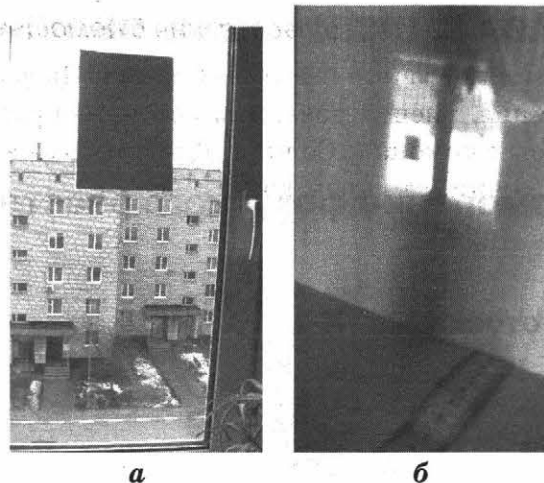


Фото 3.1

Задание 3.3. Определение фокусного расстояния линзы с помощью лазерных указок.

При помощи двух лазерных указок можно получить параллельный пучок света.

Сначала кнопки указок закрепим скотчем или изолентой, чтобы они не выключались; далее установим указки так, чтобы расстояние между излучателями (указками) и пятнышками на стене были одинаковыми (фото 3.2 – а, б, в). В этом случае лучи идут параллельно.

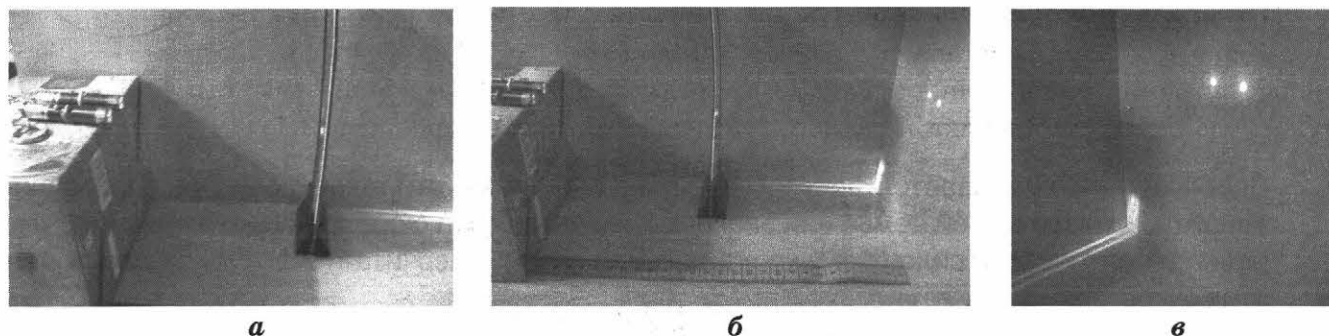


Фото 3.2

Теперь на пути параллельных лучей установим линзу на таком расстоянии от стенки, чтобы пятнышки совместились (фото 3.3, а). Фото 3.3, б показывает, что при этом расстояние от линзы до стенки 173 мм. Это и есть фокусное расстояние линзы. Действительное значение фокусного расстояния 173 мм.

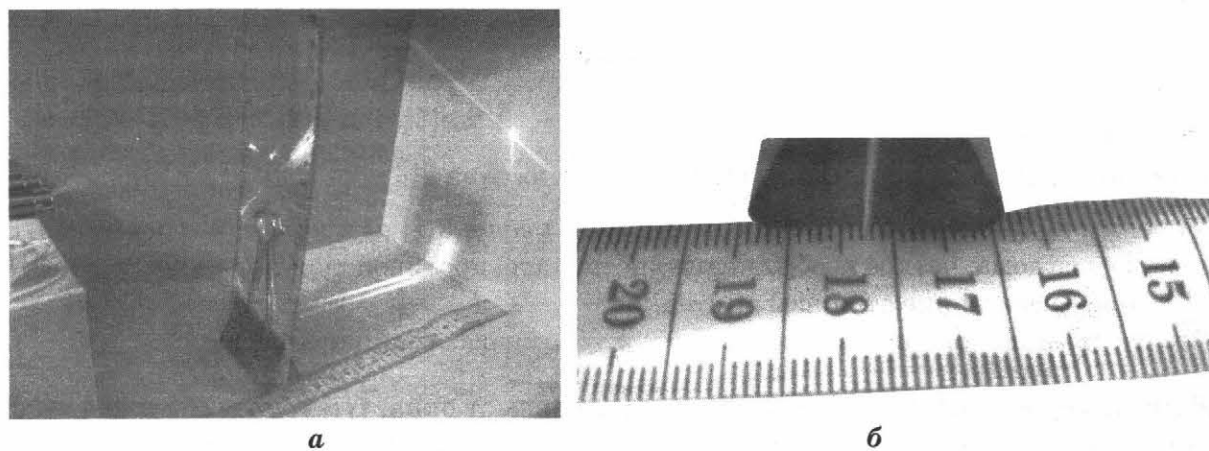


Фото 3.3

Задание 3.4. Определение фокусного расстояния с помощью Солнца.

Самый удалённый от Земли источник света — Солнце. На *фото 3.4* представлен опыт по измерению фокусного расстояния с использованием источника света — Солнца. Измерьте фокусное расстояние любой линзы с помощью Солнца. Для этого сфокусируйте линзой солнечный свет на экране и измерьте расстояние от линзы до экрана: _____



Фото 3.4

1.2. Лабораторное оборудование по оптике

На экзамене может использоваться один из трёх наборов оборудования.

Первый набор представлен на *фото 3.5*. Вместо батарейки можно использовать лабораторный источник напряжения (*фото 3.6*). Предметом при исследовании свойств изображения служит слайд с двумя стрелками, который освещается лампочкой (*фото 3.7*).

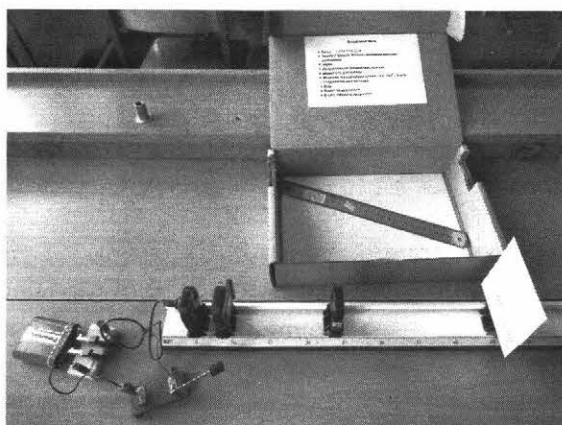


Фото 3.5

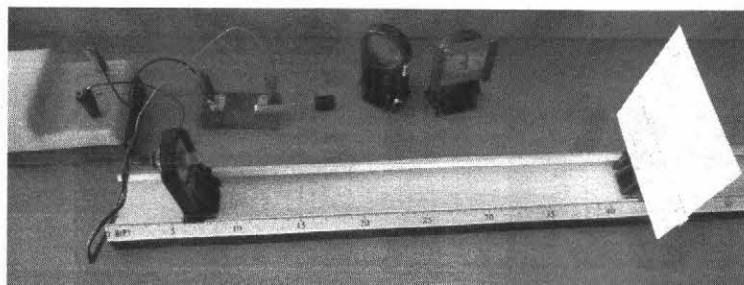


Фото 3.6

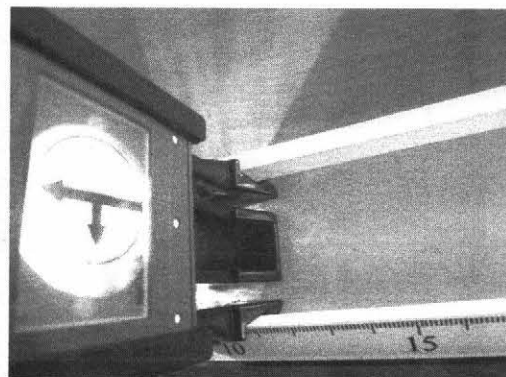


Фото 3.7

Второй набор комплектуется из обычного лабораторного оборудования (фото 3.8). В этом случае предмет, изображение которого вы исследуете, — это буква Г (фото 3.9) или, например, человечек, нарисованный на шарике от настольного тенниса (фото 3.10).

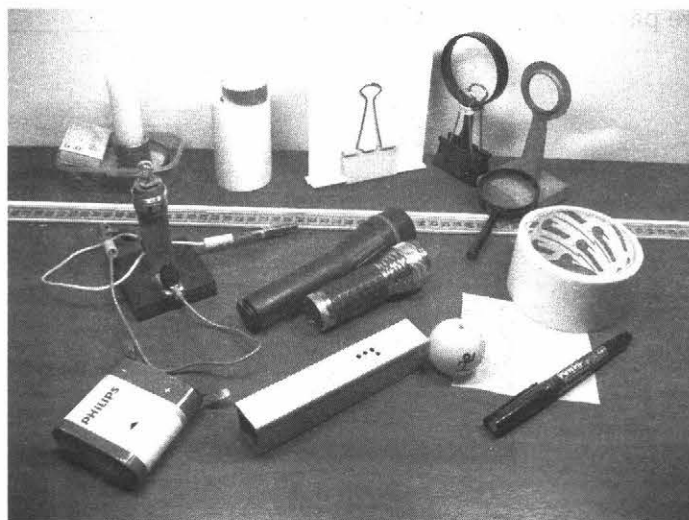


Фото 3.8



Фото 3.9

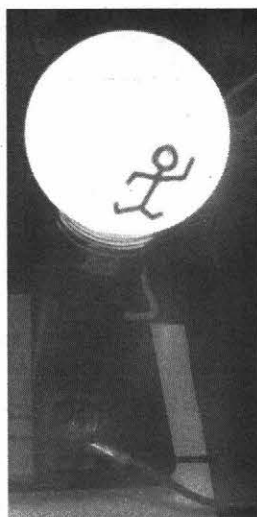


Фото 3.10

Третий набор — на магнитных держателях (фото 3.11). При использовании этого набора в качестве предмета используется спираль лампочки. Спираль как предмет для исследования может использоваться и в двух предыдущих наборах оборудования. На фото 3.12, а показана измерительная установка для получения изображения спирали лампочки (фото 3.12, б).

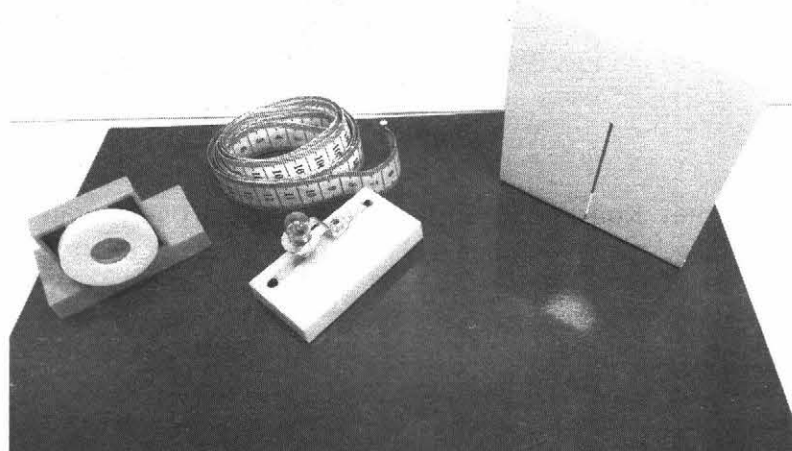
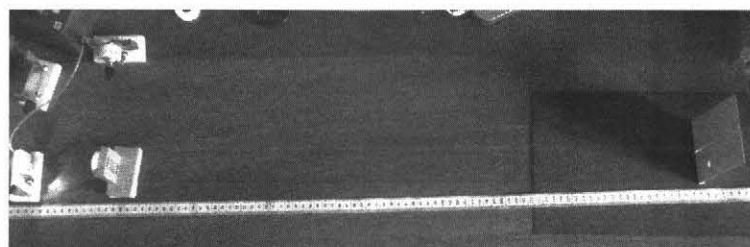
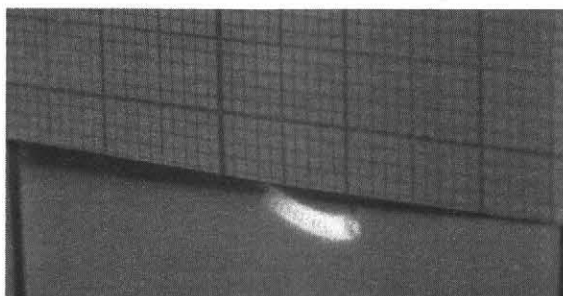


Фото 3.11



а



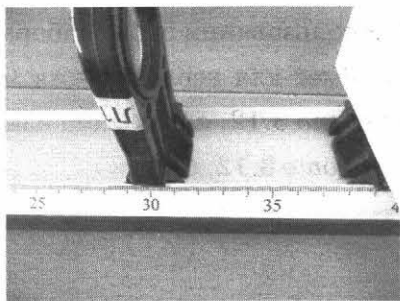
б

Фото 3.12

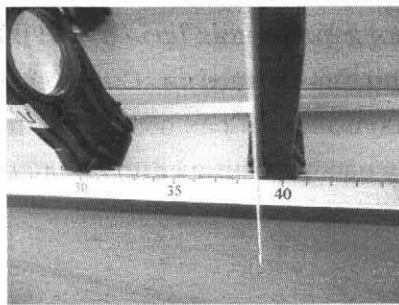
1.3. Экспериментальные задания по измерению фокусного расстояния

Задание 3.5. (Пример выполнения по фотографиям.)

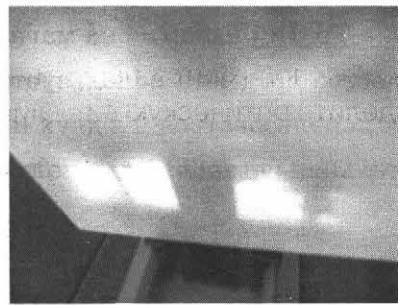
На фото 3.13 представлено измерение фокусного расстояния линзы на основе получения изображения окна. Измерьте фокусное расстояние линзы и определите её оптическую силу. Составьте краткий отчёт о проведённом исследовании.



a



б



в

Фото 3.13

Напишите краткий отчёт. Краткий отчёт должен включать следующие пункты:

- 1) схема установки;
- 2) формулы для расчётов;
- 3) результаты прямых измерений;
- 4) расчёты и ответ.

Измерьте фокусное расстояние «методом окна» (см. Задание 3.2):

$$F = 390 \text{ мм} - 300 \text{ мм} = 90 \text{ мм} = 0,09 \text{ м}$$

$$\text{Оптическая сила линзы: } D = \frac{1}{F} = 1/0,09 \text{ (м)} \approx 11 \text{ дптр.}$$

Краткий отчёт

1) *Схема электрической цепи:*

2) *Формула оптической силы линзы:* $D = 1/F.$

3) *Результаты измерений:*

Положение линзы на направляющей, мм	Положение экрана на направляющей, мм	d , мм
300	390	$390 - 300 = 90$

Фокусное расстояние линзы: $F \approx d = 90 \text{ мм} = 0,09 \text{ м.}$

4) *Оптическая сила линзы:* $D = \frac{1}{0,09 \text{ м}} \approx 11 \text{ дптр.}$

Задание 3.6. (Самостоятельное выполнение по фотографии.)

Используется первый набор. Пользуясь фото 3.14, измерьте фокусное расстояние и определите оптическую силу линзы. Составьте краткий отчёт.

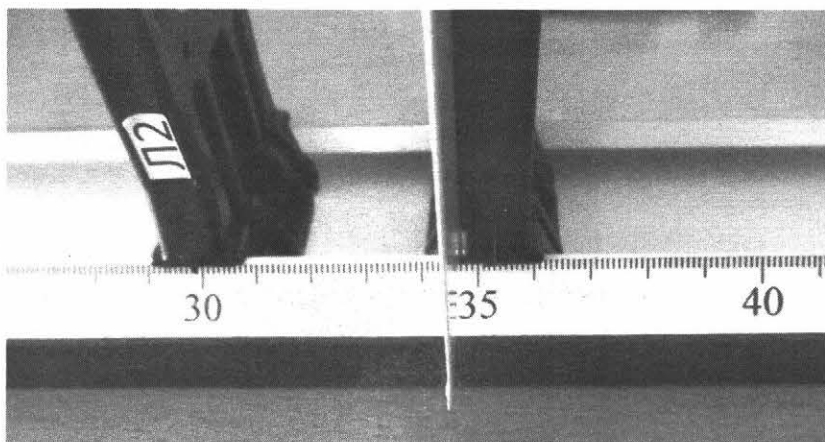


Фото 3.14

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:

2) Формула оптической силы линзы: $D =$

3) Результаты измерений:

Положение линзы на направляющей, мм	Положение экрана на направляющей, мм	d , мм

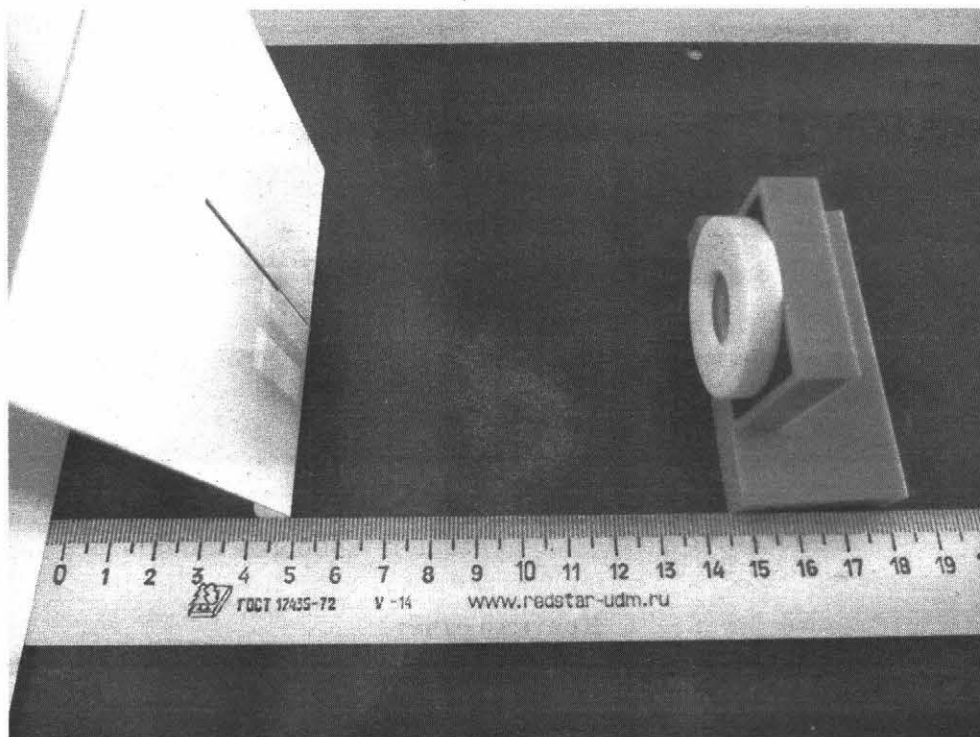
Фокусное расстояние линзы: $F =$

4) Оптическая сила линзы: $D =$

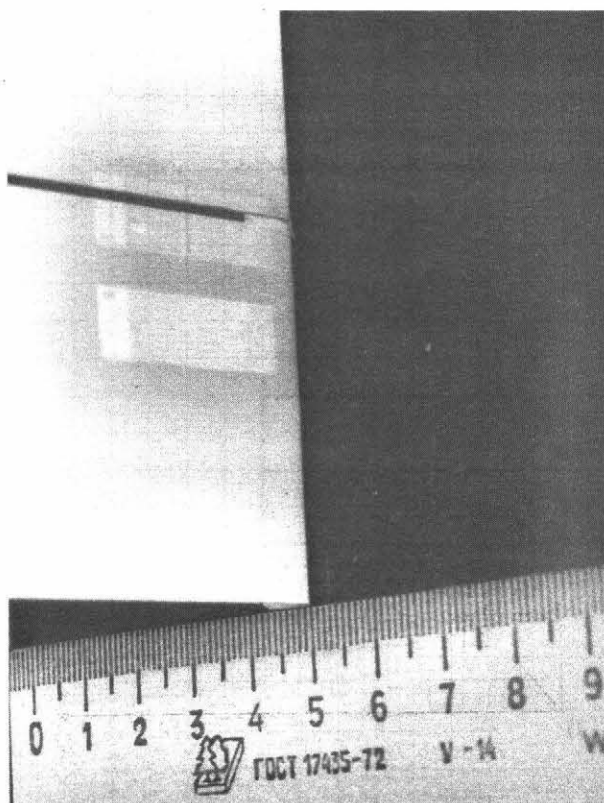
Ответ:

Задание 3.7. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

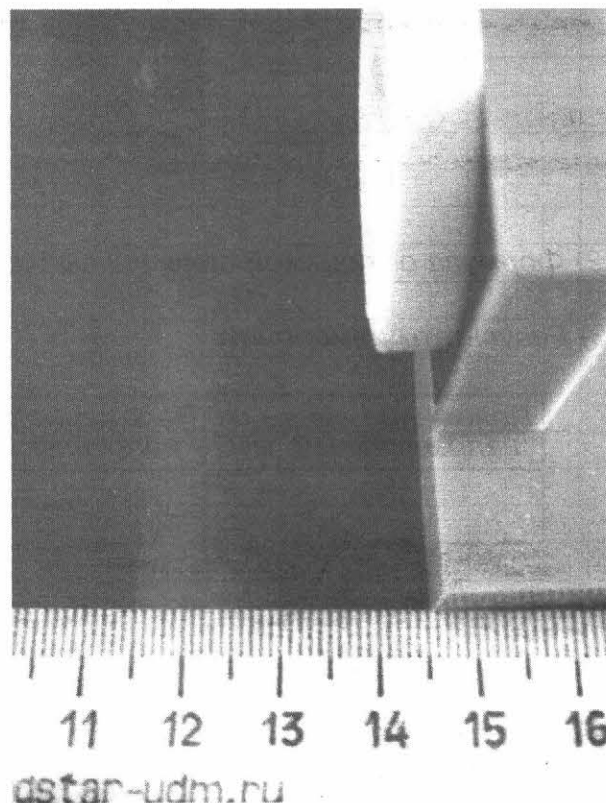
Используется третий набор. Пользуясь фото 3.15, измерьте фокусное расстояние и определите оптическую силу линзы. Составьте краткий отчёт.



a



б



в

Фото 3.15

Краткий отчёт

1) Схема экспериментальной установки:

2) Формула оптической силы линзы:

3) Результаты измерений:

Фокусное расстояние линзы:

4) Оптическая сила линзы:

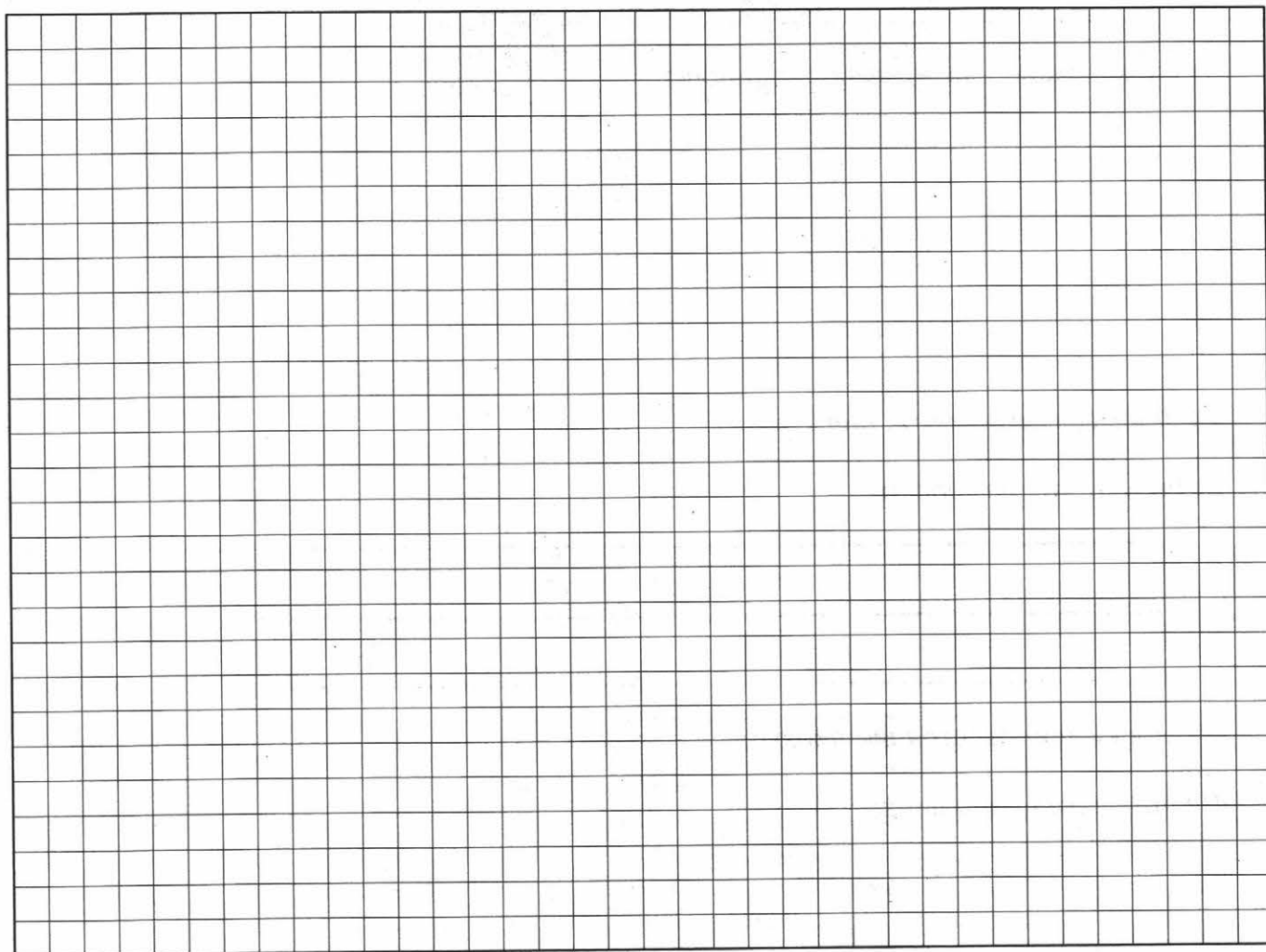
Задание 3.8. (Экзаменационное задание. Самостоятельное выполнение.) Оборудование предоставляется учителем.

Используя собирающую линзу, экран, линейку, соберите экспериментальную установку для определения оптической силы линзы. В качестве источника света используйте свет от удалённого окна.

В бланке ответов:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта оптической силы линзы;
- 3) укажите результат измерения фокусного расстояния линзы;
- 4) запишите значение оптической силы линзы.

Краткий отчёт



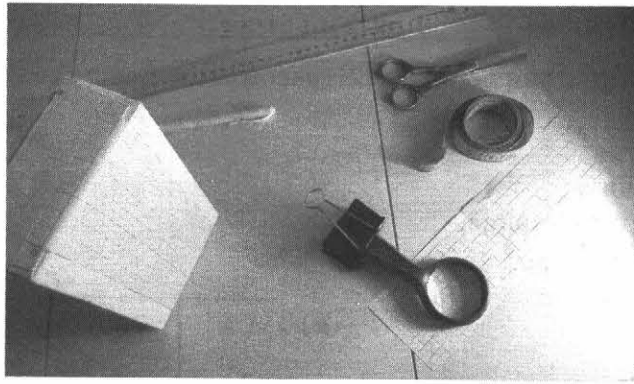
§2. Исследование свойств изображений в линзе

2.1. Домашняя подготовка

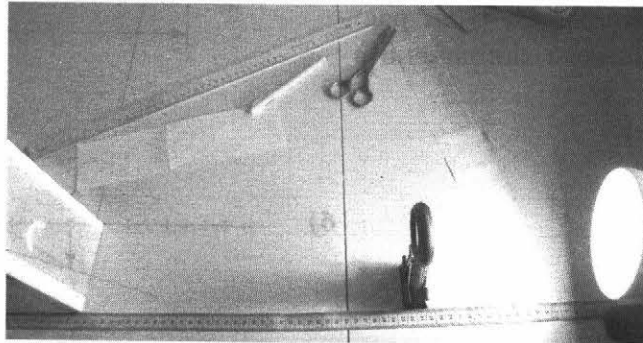
Задание 3.9

Проведите исследование изображения при удалении предмета от линзы.

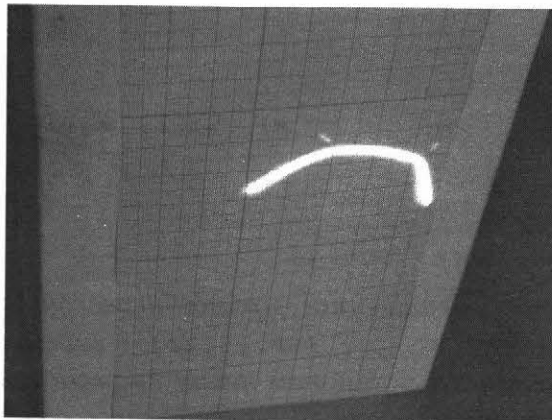
Измерительная установка, которую легко собрать в домашних условиях, представлена на *фото 3.16*. В качестве предмета используется спираль электрической лампочки, экраном может служить коробка, на которой закрепляется лист миллиметровой бумаги. Линзу можно купить в магазине, лучше всего подходит лупа с трёхкратным увеличением. Для измерения расстояний удобна мерная лента.



a



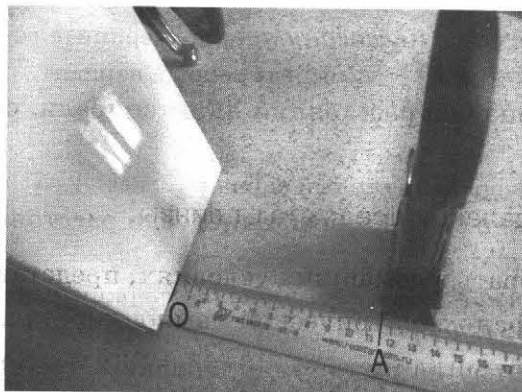
б



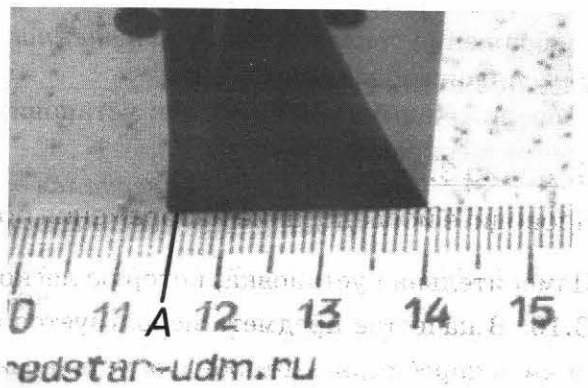
в

Фото 3.16

1) Измеряем фокусное расстояние «методом окна» (фото 3.17), измерив расстояние OA.



a



б

Фото 3.17

Фокусное расстояние равно _____.

Приблизительно оценим длину спирали S (расстояние между её концами) по фото 3.16, в:

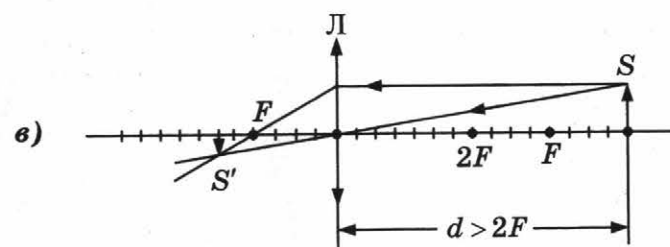
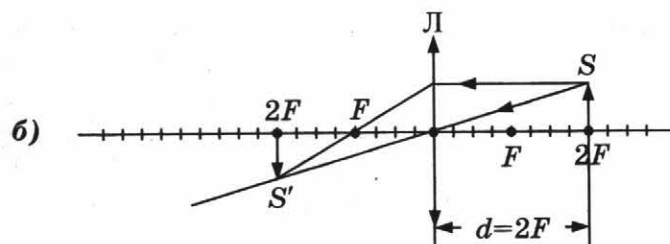
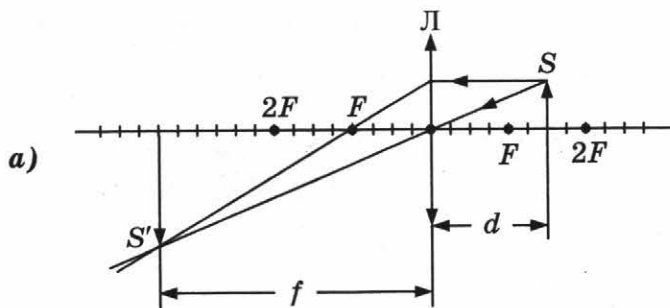
_____.

2) Попытаемся получить изображение спирали на экране, если расстояние от линзы до спирали меньше или равно фокусному.

Вывод: _____

3) Выполним чертёж и определим, какое должно быть изображение S' , если расстояние d от спирали до линзы заключено в пределах

$F < d < 2F$ (см. рис. а).



Изображение увеличенное / уменьшенное, прямое / перевернутое (подчеркните верный вариант) и расположено на расстоянии f _____ ($\leq F, \geq F, 2F$) — выберите верный вариант.

Проверим наш вывод на опыте: установим линзу на расстоянии больше F , но меньше $2F$ от спирали, смотрим изображение на экране.

Вывод подтвердился / не подтвердился — подчеркните верный вариант.

4) Выполним чертёж и определим, какое должно быть изображение, если расстояние d от спирали до линзы равно $2F$ (см. рис. б).

Изображение увеличенное / уменьшенное, прямое / перевернутое (подчеркните верный вариант) и расположено на расстоянии f _____ ($\leq F, \geq F, 2F$) — выберите верный вариант.

Проверим наш вывод на опыте: установим линзу на расстоянии $2F$ от спирали, смотрим изображение на экране.

Вывод подтвердился / не подтвердился — подчеркните верный вариант.

5) Выполним чертёж и определим, какое должно быть изображение, если расстояние d от спирали до линзы заключено в пределах $d > 2F$ (см. рис. в).

Изображение увеличенное / уменьшенное, прямое / перевернутое (подчеркните верный вариант) и расположено на расстоянии f _____ ($\leq F, \geq F, 2F$) — выберите верный вариант.

Проверим наш вывод на опыте: установим линзу на расстоянии больше $2F$ от спирали, смотрим изображение на экране.

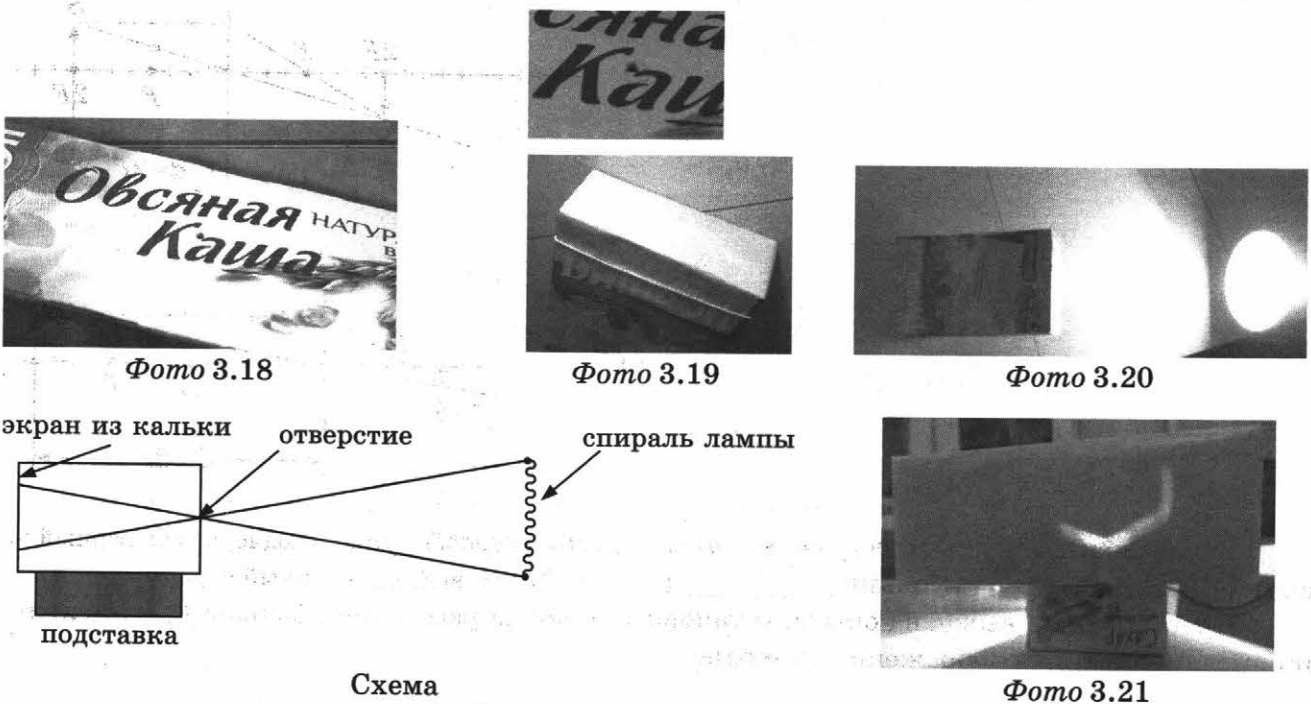
Вывод подтвердился / не подтвердился — подчеркните верный вариант.

Сделайте вывод: как изменяются свойства изображения при удалении предмета от линзы?

Задание 3.10. Получите изображение с помощью камеры-обскуры.

Изображение можно получать и без линзы с помощью камеры-обскуры, в нашем случае изготовленной из коробки из-под овсяной каши. Это — коробка, в одном торце которой сделано иголочное отверстие (фото 3.18), а другой торец закрыт калькой (полупрозрачной бумагой) (фото 3.19).

Изготовьте камеру-обскуру, соберите установку (фото 3.20, вид сверху) по схеме и получите на кальке изображение спирали лампы (фото 3.21).



Ответьте на вопросы:

- Каковы свойства изображения? _____
- Как получить изображение спирали, равное по размерам самой спирали? _____

Задание 3.11 (для любознательных).

Существует ли изображение, созданное линзой без экрана?

На первый взгляд, кажется, что без экрана не может быть изображения.

Но это не так: изображение формируется сходящимся после линзы потоком света и «видит» в воздухе. Экран выполняет две функции: он выявляет уже существующее изображение, а за счёт рассеянного отражения это изображение удобно наблюдать.

Для наблюдения сформированного в воздухе изображения необходимо, чтобы световой поток попал непосредственно в глаз или в объектив фотоаппарата.

Попробуем увидеть изображение без экрана.

Необходимое оборудование представлено на *фото 3.22*. Прозрачная линейка поможет нам обнаружить изображение.

Сначала получим изображение пламени свечи (*фото 3.23*) на экране (листе бумаги).

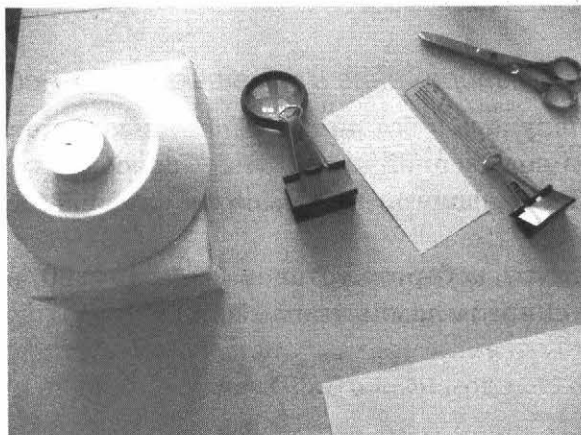
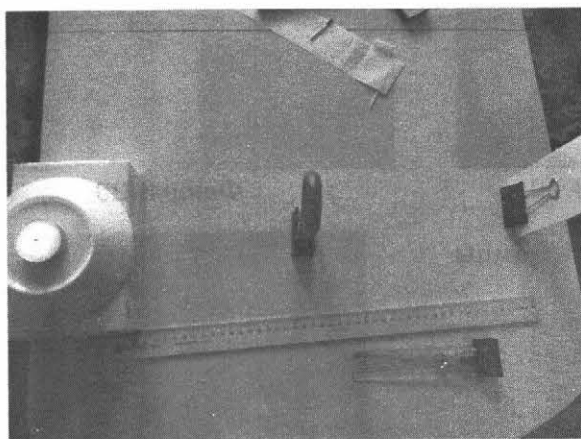
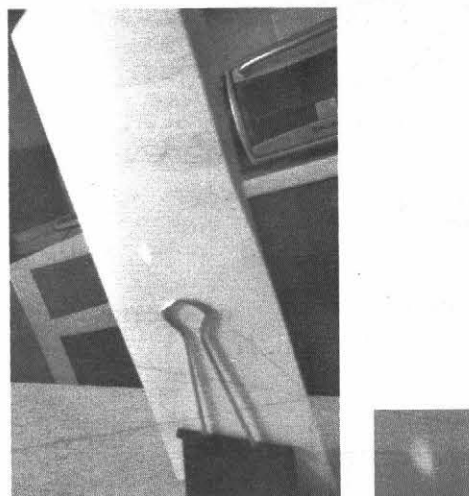


Фото 3.22



а



б

Фото 3.23

Затем прозрачную линейку разместим перед листом белой бумаги (*фото 3.24*). Теперь будем смотреть на экран с тыльной его стороны и уберём бумажный экран (*фото 3.25*). Экраном служит теперь линейка. Уберём и линейку — изображение никуда не исчезло (*фото 3.26*).

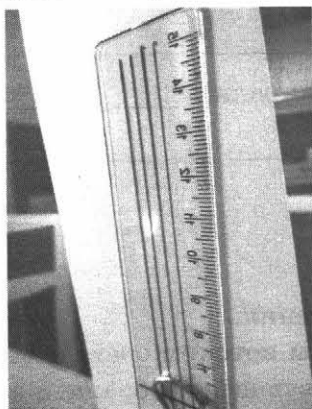


Фото 3.24

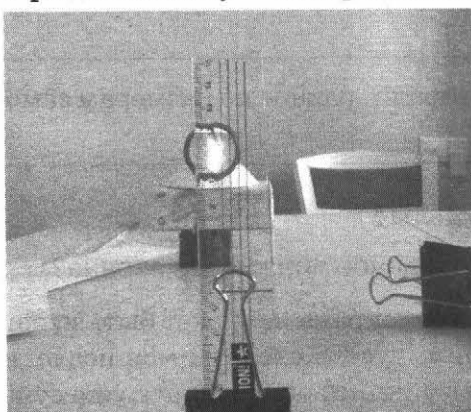


Фото 3.25

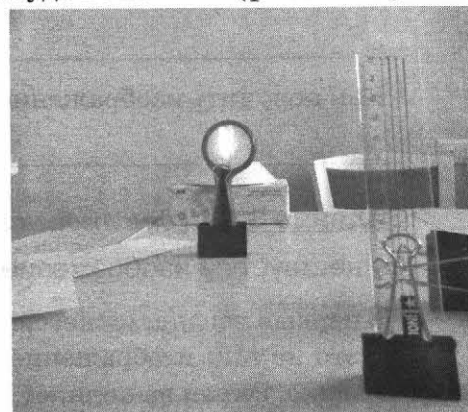


Фото 3.26

2.2. Выполнение экзаменационного задания

Задание 3.12. (Пример выполнения.)

Расположите предмет на расстоянии между F и $2F$ от линзы, получите его изображение на экране, опишите свойства этого изображения, выполните построение и объясните наблюдаемые свойства.

Составьте краткий отчёт об исследовании. Краткий отчёт об исследовании должен содержать следующие пункты:

- 1) схема установки;
- 2) описание свойств полученного изображения;
- 3) вывод — объяснение характера свойств изображения.

Приблизительно оцениваем фокусное расстояние линзы № 1 (см. задание 3.2). Оно равно примерно 10 см.

Собираем экспериментальную установку.

Сначала устанавливаем на направляющей держатель оптических элементов — рейтер (фото 3.27) с лампой и подключаем лампочку к источнику тока (фото 3.28). Рядом с осветителем устанавливаем рейтер со слайдом (фото 3.29), замыкаем цепь и видим на освещённом слайде стрелку (фото 3.30).



Фото 3.27

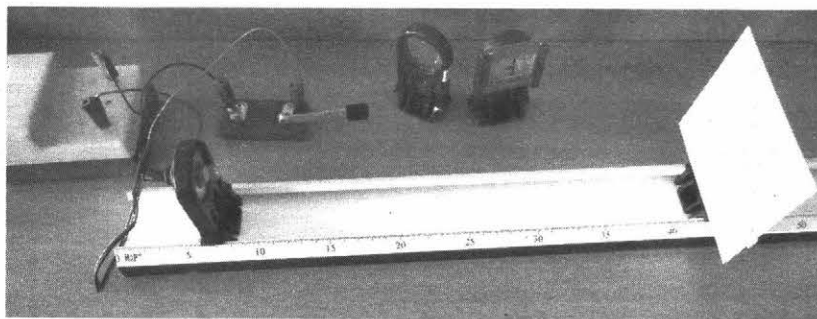


Фото 3.28

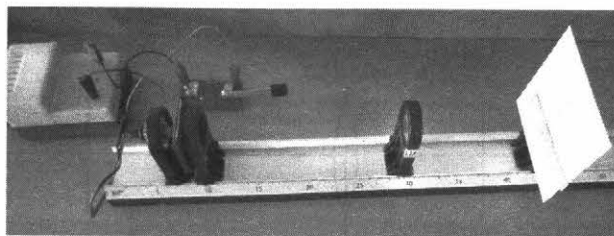


Фото 3.29

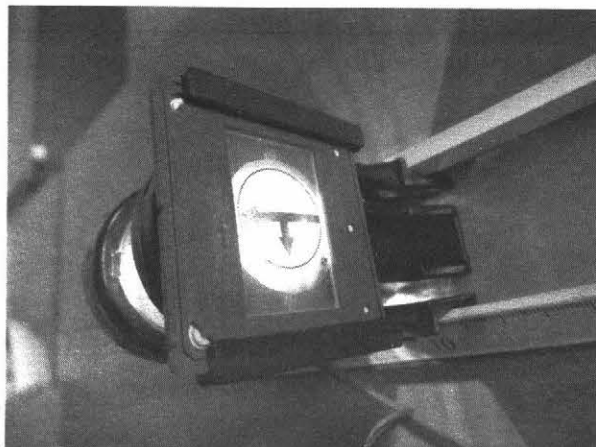
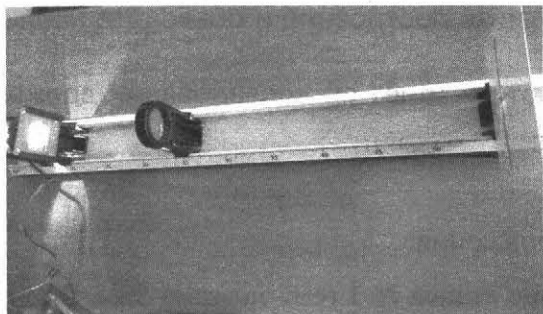
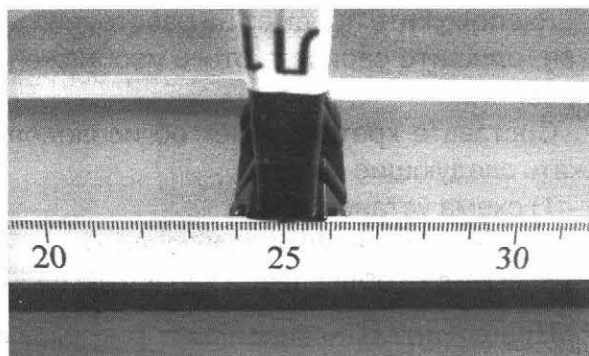


Фото 3.30

Размещаем линзу на расстоянии, например, 15 см от слайда (фото 3.31), устанавливаем экран и перемещаем его вдоль направляющей так, чтобы получить на нём резкое изображение предмета (фото 3.32).

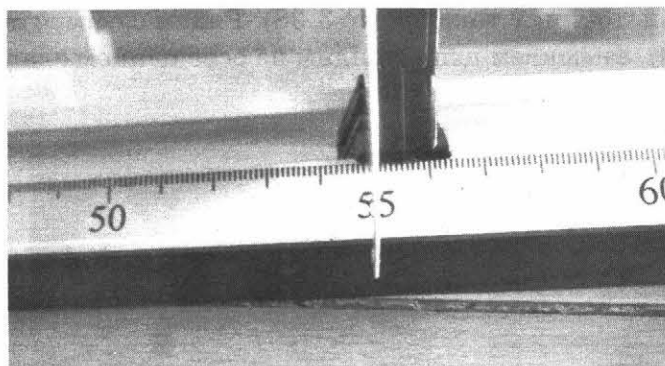


а

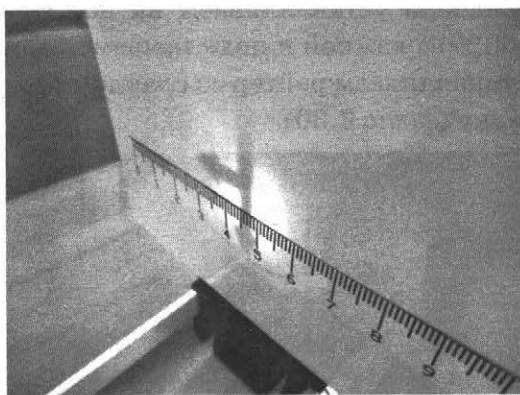


б

Фото 3.31



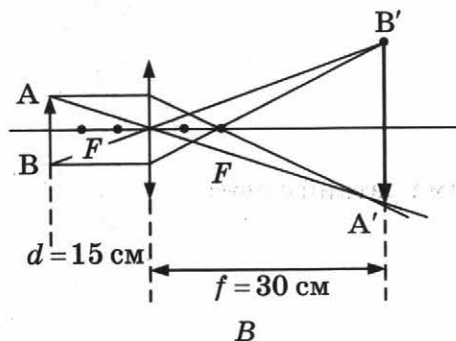
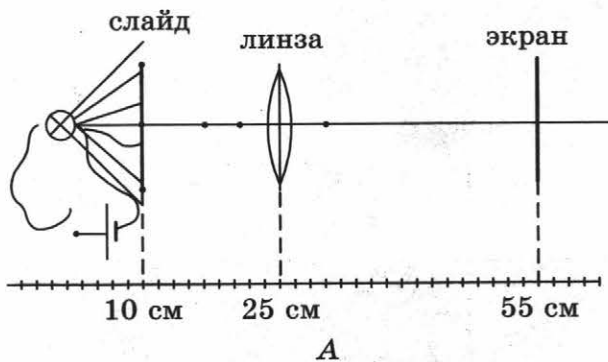
а



б

Фото 3.32

Схема установки представлена на рисунке А. Изображение на экране представлено на рисунке Б.



Мы видим, что изображение является действительным, перевёрнутым и увеличенным. На рисунке *B* показан ход лучей.

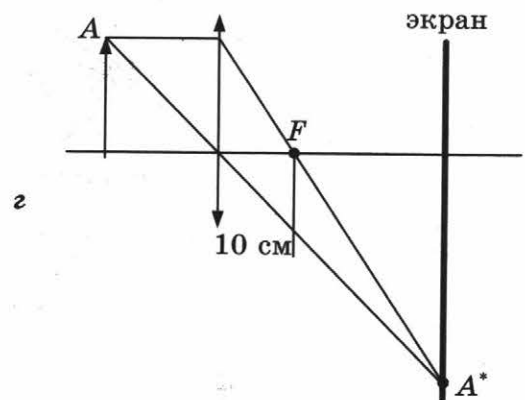
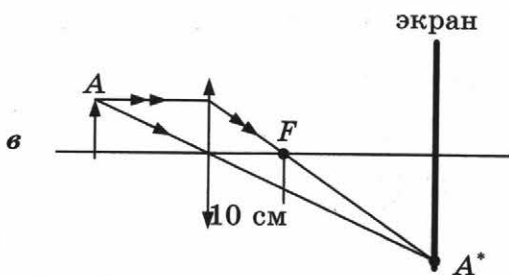
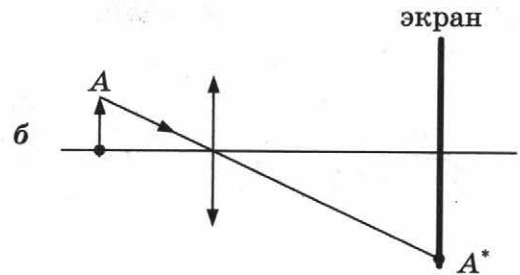
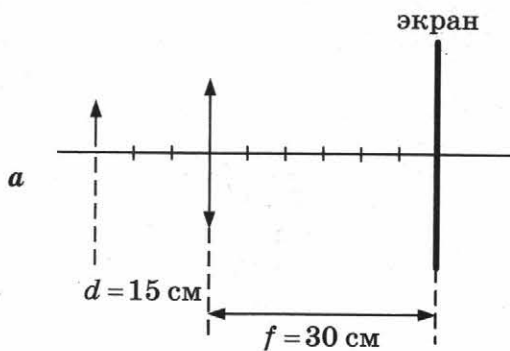
Рисунок *B* позволяет оценить фокусное расстояние линзы, если нам известны положения линзы, предмета и изображения. На рисунках, приведённых ниже, показано, как это сделать.

На рисунке *a* в масштабе указаны положения предмета, линзы и экрана.

Рисуем точку A^* на экране (рис. *б*) — это изображение точки A .

Теперь проводим луч, параллельный оптической оси. После линзы он должен попасть в A^* (рис. *в*). При этом мы знаем, что после преломления он проходит через фокус. Так мы находим фокусное расстояние: оно равно 10 см.

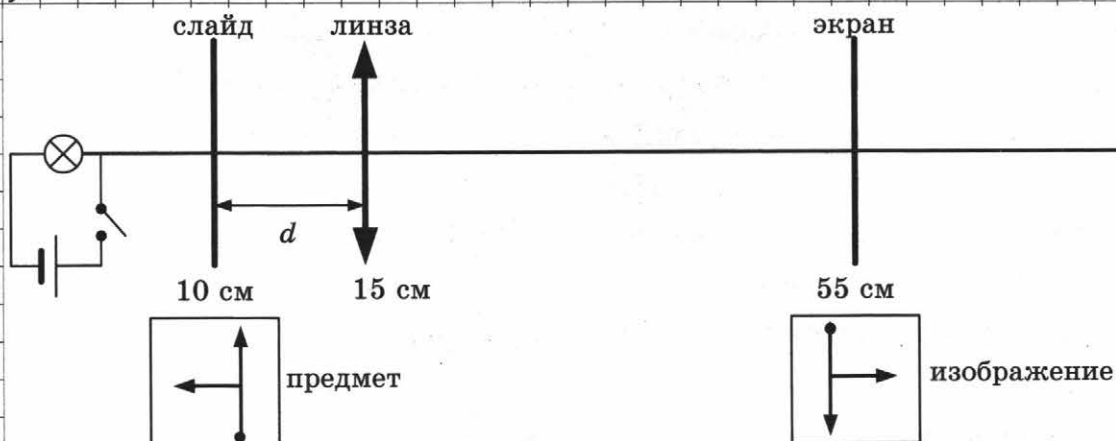
Результат не зависит от размеров предмета (рис. *г*).



Составим краткий отчёт:

Краткий отчёт

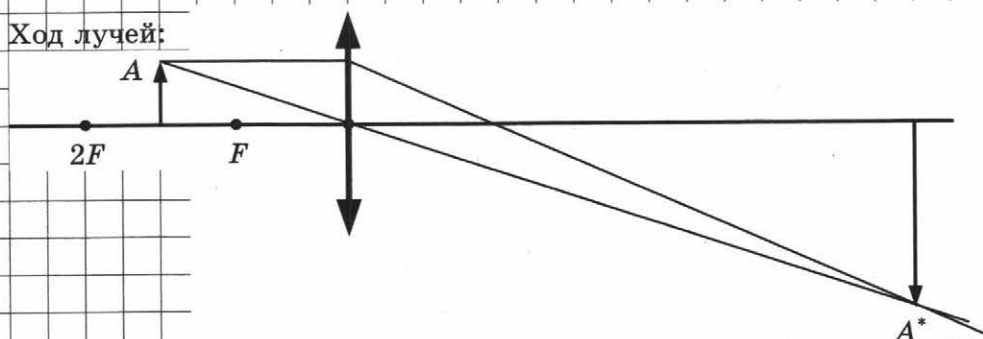
1) Схема установки:



2) Свойства изображения: действительное, перевёрнутое, увеличенное.

3) Вывод: Фокусное расстояние линзы 10 см.

При расположении предмета от линзы на расстоянии $F < d < 2F$ получается такой характер изображения.



Задание 3.13. (Самостоятельное выполнение по фотографиям.)

На фото 3.33–3.38 предстает явление опыта по исследованию изображения, даваемого линзой № 2. Определите построением фокусное расстояние линзы № 2. Составьте краткий отчёт о выполненном исследовании.

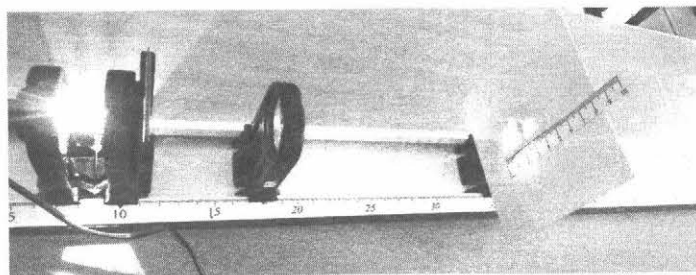


Фото 3.33



Фото 3.34

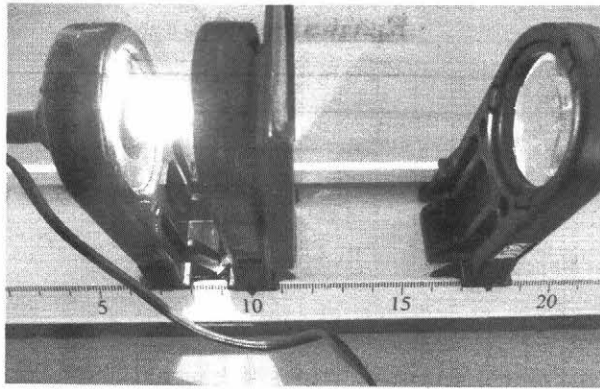


Фото 3.35

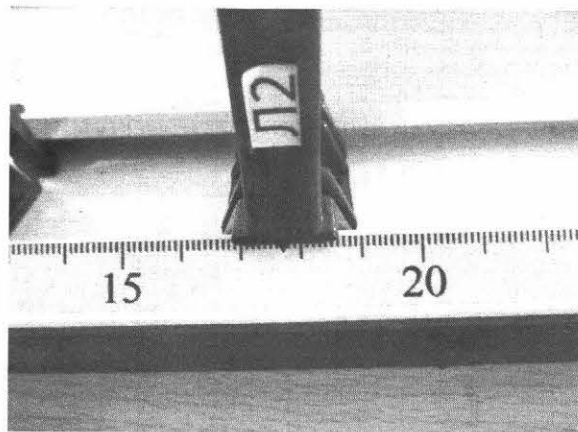


Фото 3.36

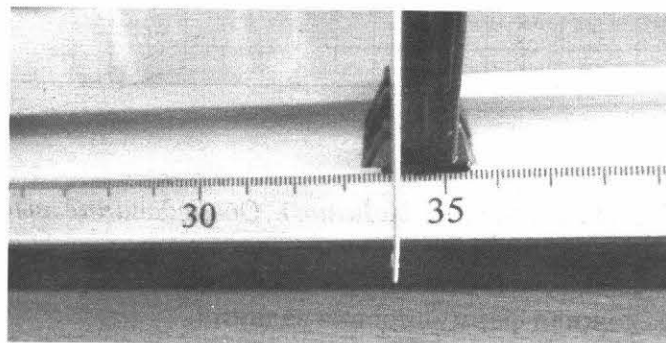


Фото 3.37

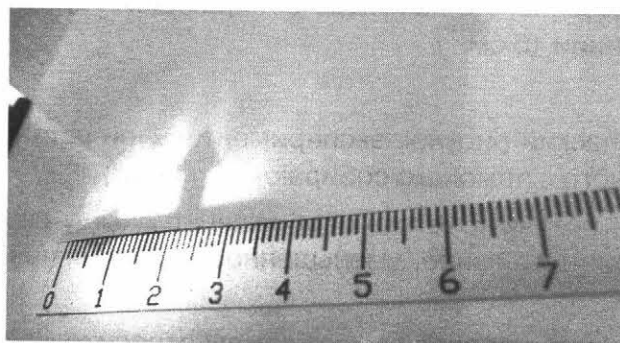


Фото 3.38

Справочное издание

**Никифоров Геннадий Гершкович
Камзеева Елена Евгеньевна
Демидова Марина Юрьевна**

ОГЭ ФИЗИКА ТРЕНАЖЁР

Издательство «**ЭКЗАМЕН**»

Гигиенический сертификат
№ РОСС RU.АД44.Н02841 от 30.06.2017 г.

Главный редактор *Л. Д. Лапто*

Редактор *Г. А. Лонцова*

Технический редактор *Л. В. Павлова*

Корректоры *Н. Е. Жданова, Е. В. Григорьева*

Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*

Компьютерная верстка *О. Н. Савина*

107045, Москва, Луков пер., д. 8.

www.examen.biz

E-mail: по общим вопросам: info@examen.biz;

по вопросам реализации: sale@examen.biz

тел./факс (495)641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «ИПК Парето-Принт», г. Тверь, www.pareto-print.ru

По вопросам реализации обращаться по тел.: (495)641-00-30 (многоканальный).