

3. Материалы для практических занятий экспертов по проверке и оценке заданий с развёрнутым ответом

Пример 1 (экспериментальное задание на проверку умения проводить косвенные измерения физических величин)

Используя штатив с держателем, пружину № 1 со шкалой (или линейку), динамометр № 2 и грузы № 1 и № 2, соберите экспериментальную установку для измерения жёсткости пружины. Определите жёсткость пружины, подвесив к ней груз. Для измерения веса грузов воспользуйтесь динамометром. Абсолютная погрешность измерения удлинения пружины составляет ± 2 мм, а абсолютная погрешность измерения веса грузов равна $\pm 0,1$ Н.

В бланке ответов № 2:

- 1) сделайте рисунок экспериментальной установки;
- 2) запишите формулу для расчёта жёсткости пружины;
- 3) укажите результаты измерения веса грузов и удлинения пружины с учётом абсолютных погрешностей измерений;
- 4) запишите числовое значение жёсткости пружины.

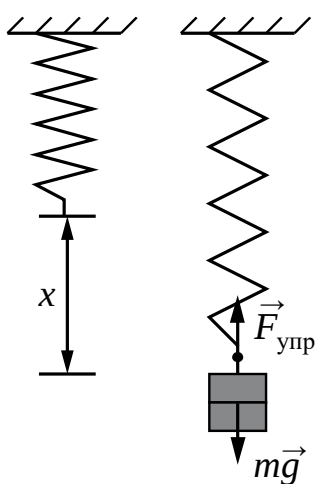
Характеристика оборудования

При выполнении задания используется комплект оборудования № 2 в следующем составе:

Комплект № 2	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики
• штатив лабораторный с держателем для динамометра	
• динамометр 1	предел измерения 1 Н ($C = 0,02$ Н)
• динамометр 2	предел измерения 5 Н ($C = 0,1$ Н)
• пружина 1 на планшете с миллиметровой шкалой	жёсткость (50 ± 2) Н/м
• пружина 2 на планшете с миллиметровой шкалой	жёсткость (10 ± 2) Н/м
• три груза, обозначить № 1, № 2 и № 3	массой по (100 ± 2) г каждый
• наборный груз или набор грузов, обозначить № 4, № 5 и № 6	наборный груз, позволяющий устанавливать массу грузов: № 4 массой (60 ± 1) г, № 5 массой (70 ± 1) г и № 6 массой (80 ± 1) г или набор отдельных грузов
• линейка и транспортир	длиной 300 мм, с миллиметровыми делениями
• брусок с крючком и нитью	масса бруска $m = (50 \pm 5)$ г

• направляющая длиной не менее 500 мм. Должны быть обеспечены разные коэффициенты трения бруска по направляющей, обозначить: «А» и «Б»	поверхность «А» – приблизительно 0,2 поверхность «Б» – приблизительно 0,6; или две направляющие с разными коэффициентами трения
--	---

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения	
1. Схема экспериментальной установки (см. рисунок). 2. $F_{\text{упр}} = mg = P$; $F_{\text{упр}} = kx$, следовательно, $k = \frac{P}{x}$. 3. $x = (40 \pm 2)$ мм $P = (2,0 \pm 0,1)$ Н. 4. $k = 2 : 0,04 = 50$ Н/м. <i>Указание экспертам</i> Измерение считается верным, если x приведено в пределах от 38 до 42 мм, а P – в пределах от 1,8 до 2,2 Н	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя: 1) рисунок экспериментальной установки; 2) формулу для расчёта искомой величины (<i>в данном случае: для жёсткости пружины через вес груза и удлинение пружины</i>); 3) правильно записанные результаты прямых измерений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений (<i>в данном случае: удлинения пружины и веса груза</i>); 4) полученное правильное числовое значение искомой величины	3
Записаны правильные результаты прямых измерений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений, но в одном из элементов ответа (1, 2 или 4) присутствует ошибка. ИЛИ Записаны правильные результаты прямых измерений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений, но один из элементов ответа (1, 2 или 4) отсутствует	2
Записаны правильные результаты прямых измерений с учётом заданных абсолютных погрешностей измерений, но в элементах ответа 1, 2 и 4 присутствуют ошибки, или эти элементы отсутствуют.	1

ИЛИ Записан правильный результат с учётом заданной абсолютной погрешности измерения только для одного из прямых измерений. В элементах ответа 1, 2 и 4 присутствуют ошибки, или эти элементы отсутствуют	
Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2 или 3 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0
Максимальный балл	3

Пример 1.1 (3 балла). В комплекте оборудования была пружина 40 Н/м.

1)

2) $F_{\text{упр}} = kx$
 $k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}$

3) $P = 2 \text{ Н} \pm 0,1 \text{ Н}$
 $x = 0,05 \text{ м} \pm 2 \text{ мм}$

4) $k = \frac{2 \text{ Н}}{0,05 \text{ м}} = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Комментарий: представлено полностью верное выполнение задания.

Пример 1.2 (2 балла). В комплекте оборудования была пружина 40 Н/м.

$P = 2 \pm 0,1 \text{ Н}$
 $\Delta L = 5 \pm 0,5 \text{ см} \pm 2 \text{ мм}$

$F_y = k\Delta L$
 $k = \frac{F_y}{\Delta L}$
 $k = \frac{2 \text{ Н}}{0,05 \text{ м}} = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Комментарий: в решении рассматриваются две силы, но отсутствует обоснование равенства по модулю силы упругости F_y и веса тела P (что могло быть дано на рисунке или отдельной строкой).

Пример 1.3 (2 балла). В комплекте оборудования была пружина 40 Н/м.

$$F_{\text{упр}} = k \Delta l$$

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

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тяж}}$$

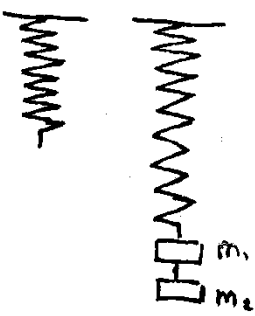
$$F_{\text{тяж}} = 2 \text{ Н} \pm 0,1 \text{ Н}$$

$$\Delta l = 0,05 \text{ м} \pm 2 \text{ мм}$$

$$k = \frac{2 \text{ Н}}{0,05 \text{ м}} = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Комментарий: в приведённом ответе отсутствует рисунок экспериментальной установки.

Пример 1.4 (1 балл). В комплекте оборудования была пружина 50 Н/м.



$$F = k \Delta l$$

$$k = \frac{F}{\Delta l}$$

$$F = 2 \text{ Н} \pm 0,1 \text{ Н}$$

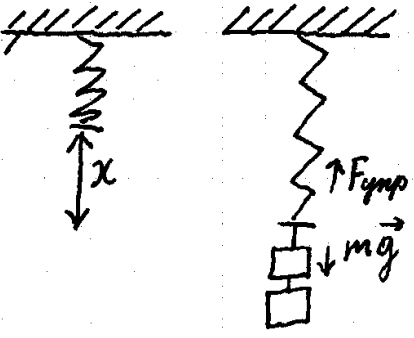
$$\Delta l = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$$

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

Ответ: $50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Комментарий: в данном варианте только одно из прямых измерений указано с учётом абсолютной погрешности.

Пример 1.5 (0 баллов). В комплекте оборудования была пружина 40 Н/м.

1) 

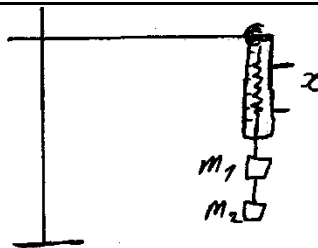
2) $F_{\text{упр}} = kx \Rightarrow k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}$

3) $F_{\text{упр}} = 2 \text{ Н}; x = 0,05 \text{ м}$

4) $k = \frac{2 \text{ Н}}{0,05 \text{ м}} = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Комментарий: результаты прямых измерений представлены без указания абсолютных погрешностей.

Пример 1.4 (0 баллов). В комплекте оборудования была пружина 40 Н/м.

1. 

2. $F_{\text{упр}} = kx \Rightarrow k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}$

3. $m_1 = m_2 = 100 \text{ г} \pm 2 \text{ г}$. $m_1 + m_2 = 200 \text{ г} \pm 4 \text{ г}$. $x = 5 \text{ см}$.

$P = F_m = mg = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2 \text{ Н}$ см

4. $k = \frac{F_{\text{упр}}}{x}$ $F_{\text{упр}} = F_m = 2 \text{ Н}$ $|200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}; 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}|$

$k = \frac{2 \text{ Н}}{0,05 \text{ м}} = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ Ответ: $k = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Комментарий: прямое измерение удлинения пружины представлено без указания абсолютной погрешности измерения; измерение веса тела заменено на расчёт силы тяжести (подмена задания).

Пример 2 (экспериментальное задание на проверку умения проводить исследование зависимости одной физической величины от другой)

Используя источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, соединительные провода, резистор, обозначенный R3, соберите экспериментальную установку для исследования зависимости силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах. Абсолютную погрешность измерения силы тока принять равной $\pm 0,02$ А; напряжения – равной $\pm 0,1$ В.

В бланке ответов:

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

Характеристика оборудования

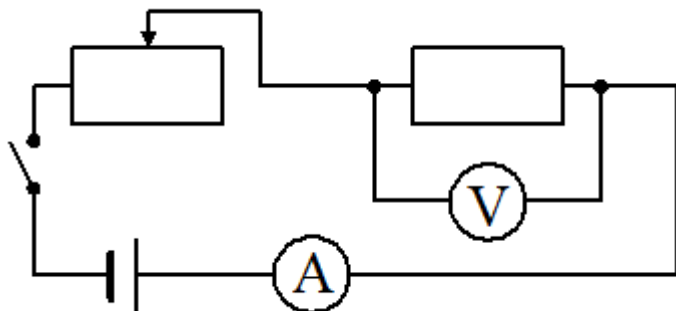
При выполнении задания используется комплект оборудования № 3 в следующем составе.

Комплект № 3	
элементы оборудования	рекомендуемые характеристики
• источник питания постоянного тока	выпрямитель с входным напряжением 36÷42 В или батарейный блок 1,5÷7,5 В с возможностью регулировки выходного напряжения
• вольтметр двухпредельный	предел измерения 3 В, $C = 0,1$ В; предел измерения 6 В, $C = 0,2$ В
• амперметр двухпредельный	предел измерения 3 А, $C = 0,1$ А; предел измерения 0,6 А, $C = 0,02$ А
• резистор, обозначить R1	сопротивление $(4,7 \pm 0,5)$ Ом
• резистор, обозначить R2	сопротивление $(5,7 \pm 0,6)$ Ом
• резистор, обозначить R3	сопротивление $(8,2 \pm 0,8)$ Ом
• набор проволочных резисторов $\rho l S$	резисторы обеспечивают проведение исследования зависимости сопротивления от длины, площади поперечного сечения и удельного сопротивления проводника
• лампочка	номинальное напряжение 4,8 В, сила тока 0,5 А
• переменный резистор (реостат)	сопротивление 10 Ом
• соединительные провода, 10 шт.	
• ключ	

Внимание! При замене какого-либо элемента оборудования на аналогичное с другими характеристиками необходимо внести соответствующие изменения в образец выполнения задания.

Образец возможного выполнения

1. Схема экспериментальной установки:



2.

№	I (A)	U (В)
1	$0,10 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,1$
2	$0,20 \pm 0,02$	$1,6 \pm 0,1$
3	$0,30 \pm 0,02$	$2,5 \pm 0,1$

3. Вывод: при увеличении силы тока в проводнике напряжение, возникающее на концах проводника, также увеличивается.

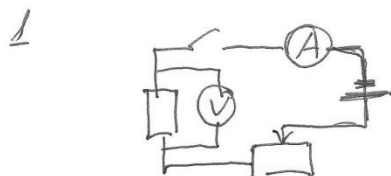
Указание экспертам

Значения измерений напряжения принять верными, если они укладываются в границы $\pm 0,3$ В

Содержание критерия	Баллы
Полностью правильное выполнение задания, включающее в себя: 1) рисунок экспериментальной установки; 2) результаты трёх измерений силы тока и напряжения с учётом абсолютной погрешности измерений; 3) сформулированный правильный вывод	3
Представлены верные результаты трёх измерений силы тока и напряжения с учётом абсолютной погрешности, но в одном из элементов ответа (1 или 3) присутствует ошибка. ИЛИ Один из элементов ответа (1 или 3) отсутствует	2
Представлены верные трёх измерений силы тока и напряжения с учётом абсолютной погрешности, но в элементах ответа 1 и 3 присутствуют ошибки, или эти элементы отсутствуют. ИЛИ Сделан рисунок экспериментальной установки и приведены результаты измерений с учётом абсолютной погрешности измерений, но в одном из них допущена ошибка	1

Все случаи выполнения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления 1, 2 или 3 баллов. Разрозненные записи. Отсутствие попыток выполнения задания	0
Максимальный балл	3

Пример 2.1 (3 балла). В комплекте оборудования был резистор 8,2 Ом.



Измерения

$$I_1 = (0,1 \pm 0,02) \text{ A} \quad U_1 = (0,9 \pm 0,1) \text{ В}$$

$$I_2 = (0,2 \pm 0,02) \text{ A} \quad U_2 = (1,7 \pm 0,1) \text{ В}$$

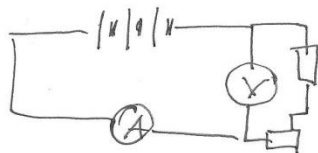
$$I_3 = (0,3 \pm 0,02) \text{ A} \quad U_3 = (2,6 \pm 0,1) \text{ В}$$

Вывод: сила тока прямо пропорциональна напряжению на резисторе.

Комментарий: представлено полностью верное выполнение задания.

Пример 2.2 (2 балла). В комплекте оборудования был резистор 5,8 Ом.

Схема



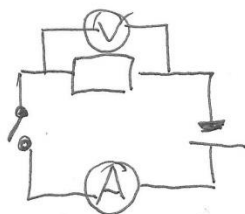
	амперы	вольты
1	$0,1 \pm 0,02$	$0,6 \pm 0,1$
2	$0,2 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,1$
3	$0,3 \pm 0,02$	$1,8 \pm 0,1$

Сопротивление $R = 6 \text{ Ом}$.

Сопротивление рассчитано по формуле $R = U/I$.

Комментарий: измерения выполнены верно, записаны с учётом абсолютной погрешности, но допущена ошибка в схеме электрической цепи.

Пример 2.3 (2 балла). В комплекте оборудования был резистор 8,2 Ом.

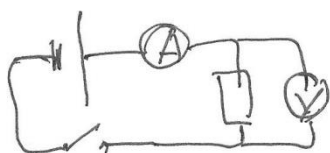


при $I_1 = 0,1 \text{ A} \pm 0,02 \text{ A}$ $U = 0,7 \pm 0,1 \text{ B}$
 при $I_2 = 0,2 \text{ A} \pm 0,02 \text{ A}$ $U = 1,7 \pm 0,1 \text{ B}$
 при $I_3 = 0,3 \text{ A} \pm 0,02 \text{ A}$ $U = 2,4 \pm 0,1 \text{ B}$

Если ток увеличивать, то напряжение тоже увеличивается.

Комментарий: измерения выполнены верно, записаны с учётом абсолютной погрешности, в схеме электрической цепи не указан реостат.

Пример 2.4 (0 баллов). В комплекте оборудования был резистор 8,2 Ом.



0,1 A $U = 0,8 \pm 0,1$
 0,2 A $U = 1,6 \pm 0,1$
 0,3 A $U = 2,4 \pm 0,1$

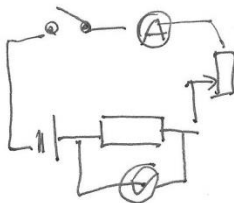
Закон Ома $I = \frac{U}{R}$ подтверждается

Комментарий: результаты прямых измерений силы тока представлены без указания абсолютных погрешностей, не указаны единицы измерения напряжения, в схеме не указан реостат.

Пример 2.5 (0 баллов). В комплекте оборудования был резистор 8,2 Ом.

$R_3 \Delta I = 0,02 \text{ A} \Delta U = 0,1 \text{ B}$

I	U
0,1	1,2
0,2	2,5
0,3	3,6



Напряжение растет с ростом тока.

Комментарий: результаты прямых измерений представлены без указания абсолютных погрешностей, не указаны единицы измерения величин.