

Материалы для практических  
занятий экспертов по проверке  
и оценке заданий с  
развернутым 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  $\pm 2$  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 <sup>(2)</sup>
• 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	жесткость $(50 \pm 2)$ Н/м
• пружина 2 на планшете с миллиметровой шкалой	жесткость $(10 \pm 2)$ Н/м
• три груза, обозначить №1, №2 и №3	массой по $(100 \pm 2)$ г каждый
• наборный груз или набор грузов, обозначить №4, №5 и №6	наборный груз, позволяющий устанавливать массу грузов: №4 массой $(60 \pm 1)$ г, №5 массой $(70 \pm 1)$ г и №6 массой $(80 \pm 1)$ или набор отдельных грузов
• линейка и транспортир	длина 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

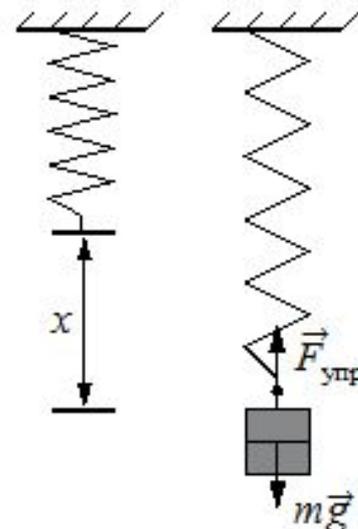
1. Схема экспериментальной установки (см. рисунок).

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.  $k = 2,0 : 0,04 = 50$  Н/м.



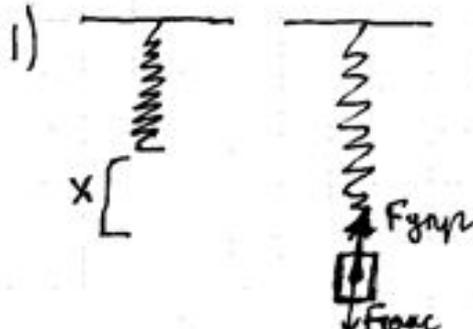
### Указание экспертам

Измерение считается верным, если  $x$  приведено в пределах от 38 до 42 мм, а  $P$  – в пределах от 1,8 до 2,2 Н.

3) правильно записанные результаты прямых измерений с учетом заданных абсолютных погрешностей измерений



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

1) 

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

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.

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

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

- Комментарий: на рисунке экспериментальной установки не указано равенство сил упругости и веса тела, соответственно, не обоснован способ измерения жесткости пружины.

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

$$F_{\text{упр}} = k \Delta l$$

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{l}$$

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тяж}}$$

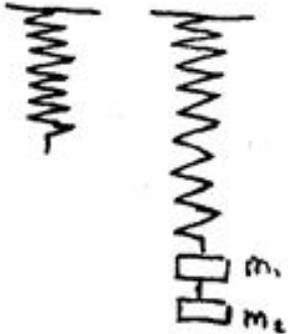
$$F_m = 2 \text{ Н} \pm 0,1 \text{ Н}$$

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

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

*Комментарий:* в приведенном ответе отсутствует рисунок экспериментальной установки.

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



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

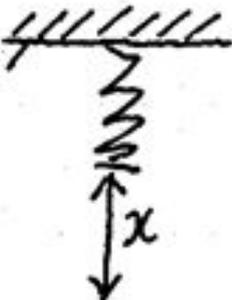
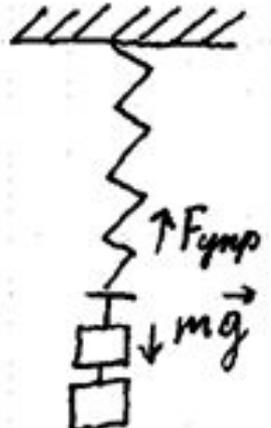
$F = 2 \text{ Н} \pm 0,1 \text{ Н}$   
 $\Delta l = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$

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

Ответ:  $50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

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

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

1)  

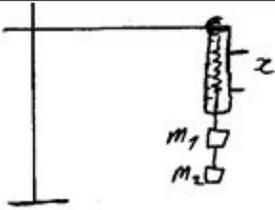
2)  $F_{упр} = kx \Rightarrow k = \frac{F_{упр}}{x}$

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

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

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

*Комментарий:* прямое измерение удлинения пружины представлено без указания абсолютной погрешности измерения; измерение веса тела заменено на расчет силы тяжести.