

8 класс

Задача 1. Тяните резину! (Кармазин С.В.)

1. Экспериментально исследуйте зависимость удлинения x резинового кольца (банковской резинки) от величины растягивающей силы F (рис. 4).
2. Постройте график полученной зависимости $x(F)$.
3. По графику определите диапазон значений силы F , в котором исследуемая зависимость линейна.
4. В указанном диапазоне найдите значение коэффициента жёсткости k_0 резинового кольца ($k_0 = \Delta F / \Delta x$).
5. Рассчитайте (не прибегая к непосредственным измерениям) значение коэффициента жёсткости k_1 одинарной резинки (разрезанного кольца) длиной $L_1 = 40$ см.

Оборудование: банковская резинка, три скрепки, две линейки, одна из которых известной массы, стальной брусок, лист миллиметровой бумаги для построения графиков.

Примечание. Если вы испортили резинку, вы можете попросить её заменить, но имейте ввиду, что резинки не идентичны.

Возможное решение

Параметры установки, использованной в авторском решении, могут отличаться от параметров установки, выданной участнику олимпиады.

Определим положение центра масс линейки, используя в качестве оси вращения вторую линейку. Определим массу m_6 стального бруска. Используя ребро второй линейки в качестве оси вращения, добьемся равновесия.

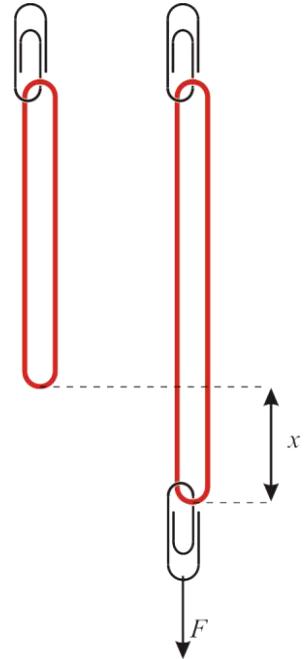


Рис. 4

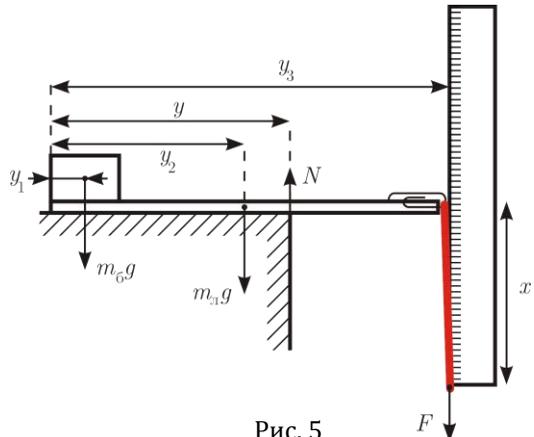


Рис. 5

Измерив расстояния от центра масс бруска и от центра масс линейки до оси вращения в положении равновесия, рассчитаем массу бруска, используя правило моментов. Масса бруска составляет $m_6 = 66 \pm 3$ г. Относительная погрешность около 5%.

Измерения проводим с помощью конструкции, изображенной на рис. 5. Растягиваем резинку с помощью второй линейки, прикладывая к ней силу F . Фиксируем момент отрыва первой линейки с грузом от стола и измеряем расстояние y от края линейки до края стола.

По правилу моментов:

$$m_6(y - y_1)g + m_n(y - y_2)g = F(y_3 - y), \quad (1)$$

где положение центра масс бруска $y_1 = 20$ мм, центра масс линейки $y_2 = 206$ мм, длина линейки $y_3 = 410$ мм. С помощью уравнения (1) определяем растягивающую силу F , соответствующую моменту отрыва линейки от стола.

Измеряем удлинение резинки x с помощью второй линейки. Оформляем таблицу измерений (не менее 11 точек) и строим график зависимости $x(F)$.

у, см	х, см	F, Н
23,0	0,5	0,73
24,0	0,7	0,81
25,0	0,8	0,91
26,0	1,0	1,02
27,0	1,2	1,14
28,0	1,4	1,29
29,0	1,7	1,46
30,0	2,2	1,65
31,0	2,7	1,89
32,0	3,1	2,18
33,0	4,2	2,55
34,0	5,7	3,01
35,0	8,7	3,64
35,5	11,3	4,03
36,0	15,0	4,51
36,5	18,4	5,09

Таб. 2

Из графика (рис. 6) видно, что отклонение от линейности начинается при силе растяжения F около 2,5 Н. По отношению $\Delta F/\Delta x$ на линейном участке графика определяем коэффициент жесткости k_0 резинового кольца. В приведенном примере он оказывается равным $k_0 = 50$ Н/м.

Измеряем длину полуокружности L_0 резинового кольца, вытянув без усилия кольцо в прямую линию. Получаем $L_0 = 9$ см. Коэффициент жесткости одинарной резинки длиной L_0 равен $k_0/2 = 25$ Н/м.

Известно, что коэффициент жесткости пружины или резинки обратно пропорционален ее длине. Следовательно, искомое значение k_1 при длине одинарной резинки L_1 определим по формуле

$$k_1 = \frac{k_0 L_0}{2L_1}.$$

Численное значение $k_1 = 5,6$ Н/м.

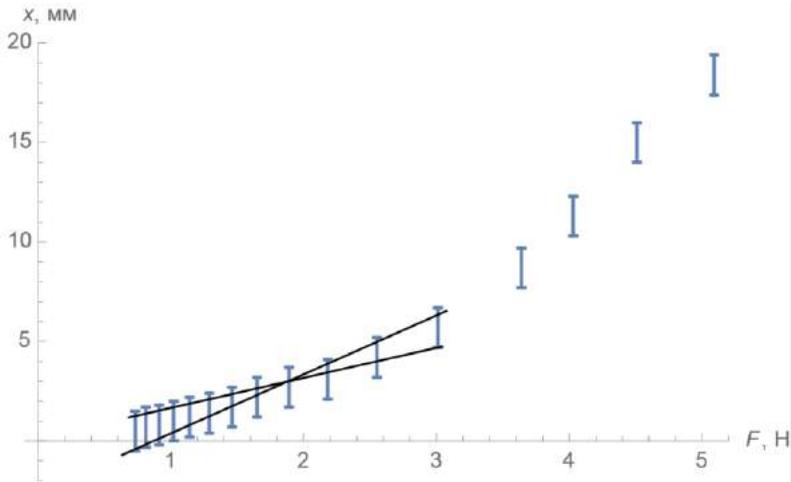


Рис. 6

Оценка погрешности. В линейном диапазоне растяжение кольца составляет 30-40 мм. Абсолютная погрешность равна цене деления линейки. Так как удлинение кольца вычисляется как разность двух координат, то абсолютная погрешность разности равна 2 мм. А относительная – 6%. В том же диапазоне растягивающая сила равна 1-2 Н. Это означает, что при массе бруска 0,066 кг, плечи $(y - y_1)$ и $(y_2 - y)$ равны примерно 300 мм и 100 мм соответственно. Абсолютная погрешность измерения этих величин также составляет 2 мм, а относительная в сумме около 3%. С учётом погрешности измерения массы бруска, равной 5%, итоговая погрешность определения коэффициента жесткости резинового кольца будет примерно 10%.

Задача 2. Таинственный футляр (Замятнин М.Ю.)

Внутри футляра находятся три резистора и кнопка (на крышке футляра), соединённые между собой. Контакты от трёх точек электрической цепи выведены на крышку футляра и обозначены буквами A, B, C .

1. Проведите необходимые измерения и нарисуйте схему соединения элементов футляра с указанием выводов A, B, C .
2. Найдите значения сопротивлений резисторов R_1, R_2, R_3 и оцените их погрешность.
3. Определите, какому положению (нажатому или ненажатому) кнопки K соответствует её разомкнутое состояние.
4. Какое напряжение может показать идеальный вольтметр, подключённый к выводам A и C , если к выводам A и B подключить батарейку напряжением $9,0\text{ В}$?

Погрешность мультиметра в режиме омметра 2%.

Вскрывать футляр запрещается!

Оборудование: таинственный футляр, мультиметр с проводами.

Возможное решение

Параметры установки, использованной в авторском решении, могут отличаться от параметров установки, выданной участнику олимпиады.

С помощью мультиметра, используемого в режиме омметра, определяем сопротивления между выходами для двух положений кнопки и составляем таблицу результатов измерений (в кОм).

	A	B	C	Положение ключа
A		1,33	0,83	не нажата
		2,00	5,00	нажата
B			1,50	не нажата
			3,00	нажата

Таб. 3

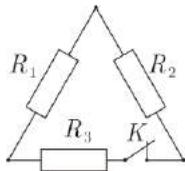


Рис. 7

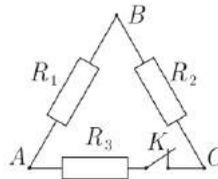


Рис. 8

Нетрудно заметить, что для не нажатого положения кнопки значения сопротивлений меньше, значит, в этом положении кнопка замкнута. Причем, сопротивление между входами изменяется для всех трёх пар. Следова-

тельно, резисторы соединены треугольником. Так как коротких замыканий нет, кнопка соединена последовательно с одним из резисторов.

Таким образом, предварительно, схема футляра может быть представлена в виде, показанном на рис. 7.

В случае разомкнутой кнопки (кнопка нажата), максимальное сопротивление должно быть между узлами, к которым подсоединен резистор с кнопкой. Это реализуется для узлов А и С. Из чего делаем вывод, что кнопка расположена между ними. Тогда, сопротивление, измеренное между узлами А и В, соответствует сопротивлению резистора $R_1=2$ кОм, а сопротивление между узлами В и С – сопротивлению резистора $R_2=3$ кОм. Это согласуется с измеренным сопротивлением между узлами А и В:

$$R_A=R_1+R_2=5 \text{ кОм.}$$

Сопротивление R_3 можно рассчитать, например, с помощью значения сопротивления, измеренного между узлами А и С, при замкнутой кнопке.

$$\frac{1}{R_{AC}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1 + R_2},$$

откуда получаем $R_3=1$ кОм.

Рассчитывая сопротивление схемы между оставшимися парами узлов для замкнутой кнопки, и сравнивая их с результатами эксперимента, убеждаемся в правильности наших предположений. Окончательная схема футляра представлена на рис. 8.

Погрешность сопротивлений резисторов определяется приборной погрешностью омметра, которая по условию составляет 2%, следовательно, сопротивления резисторов R_1 и R_2 измерены с точностью 2%. Значение сопротивления резистора R_3 не измеряется непосредственно, а рассчитывается, поэтому по формуле переноса ошибок составляет примерно 6%.

При подключении батарейки к выводам А и В вольтметр, подключённый к выводам А и С, покажет $U = 9$ В при нажатой кнопке и $U/4 = 2,25$ В при ненажатой кнопке.