

Экспериментальный тур

7 класс

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

1. Экспериментально исследуйте зависимость удлинения x резинового кольца (банковской резинки) от величины растягивающей силы F (рис. 1).
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.

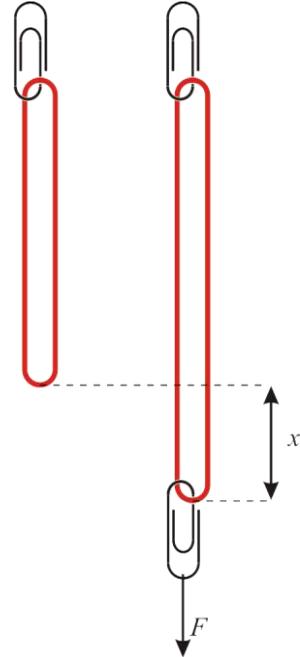


Рис. 1

Оборудование: банковская резинка, шестигранный карандаш, скотч, ножницы, нитка, скрепки – 3 шт., пустая пластиковая бутылка массой $m_b = 23$ г, шприц со шкалой, линейка, стакан с водой, миллиметровая бумага для построения графиков.

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

Возможное решение

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

Закрепим карандаш на столе с помощью полосок скотча таким образом, чтобы он выступал за край стола на 10-20 мм. На выступающий конец карандаша, используя скрепку №1, повесим резинового кольца. К нижнему краю резинового кольца через скрепку №2 с помощью нити подвесим пустую пластиковую бутылку. Из скрепки №3 сделаем указатель в виде горизонтальной стрелки и закрепим его на скрепке №2. К торцу стола с помощью скотча прикрепим линейку в вертикальном положении таким об-

разом, чтобы стрелка указателя могла свободно перемещаться вдоль шкалы линейки (рис. 2).

Добавляем в бутылку воду с помощью шприца порциями по 20 мл и после каждого добавления воды измеряем удлинение x резинового кольца.

m , г	x , мм	F , Н
0	0,0	0,22
20	2,5	0,41
40	3,5	0,61
60	5,5	0,80
80	7,0	1,00
100	8,5	1,20
120	10,5	1,39
140	12,0	1,59
160	14,0	1,78
180	16,0	1,98
200	17,5	2,18
220	20,0	2,37
240	22,5	2,57
260	25,0	2,73
280	28,0	2,96
300	32,5	3,16
320	35,5	3,35
340	39,0	3,55
360	45,0	3,74
380	53,0	3,94



Рис. 2

Таб. 1

Погрешность измерения удлинения x равна цене деления линейки: 1 мм. Запишем в таблицу 1 не менее 11 точек измерений: удлинение резинки x , массу воды в бутылке m , а также силу растяжения резинки:

$$F = (m + m_0)g.$$

Строим график зависимости $x(F)$ с учётом погрешности (рис.3).

Из графика видно, что отклонение от линейности начинается при силе растяжения F порядка 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 $k_0 = 118 \pm 18$ 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 $k_0/2 = 59$ 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 $k_1 = 13 \text{ Н/м}$.

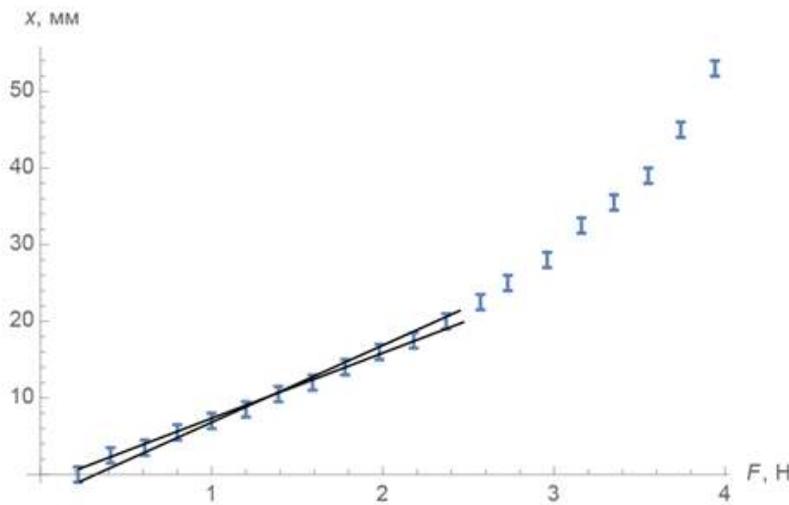


Рис. 3

Задача 2. Поверхностная плотность (Замятнин М.Ю.)

Определите поверхностную плотность σ выданного листа миллиметровой бумаги и массу $m_{\text{ш}}$ пустого шприца. Плотность воды $\rho = 1,00 \text{ г/см}^3$.

Указание. Поверхностной плотностью плоских тел называют отношение массы тела к его площади: $\sigma = m/S [\text{кг/м}^2]$.

Оборудование: лист исследуемой миллиметровой бумаги, шприц, стакан с водой, нитки, скотч, ножницы, шестигранный карандаш, салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

Возможное решение

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

По клеточкам определяем площадь миллиметровой бумаги $S = 580 \text{ см}^2$, после чего, свернув лист в плотную трубку круглого или треугольного сечения (зафиксировав по краям небольшими кусочками скотча), делаем из миллиметровой бумаги рычаг.

Определяем и отмечаем центр тяжести рычага, подвесив его на нити к карандашу, закрепленному скотчем на краю стола в качестве штатива.

Подвешиваем к одному концу рычага пустой шприц, смещая положение точки подвеса, добиваемся равновесия системы. Измеряем расстояния от точки подвеса рычага до точки подвеса шприца $l_1 = 6,4$ см и до центра тяжести рычага $l_3 = 7,6$ см. После чего набираем в шприц 5 мл ($m = 5$ г) воды и повторяем измерения расстояний от точки подвеса рычага до точки подвеса заполненного шприца $l_2 = 3,8$ см и до центра тяжести $l_4 = 10,1$ см. Дважды применяя правило моментов относительно точки подвеса рычага, получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned}m_{\text{л}} g l_3 &= m_{\text{ш}} g l_1, \\m_{\text{л}} g l_4 &= (m + m_{\text{ш}}) g l_2,\end{aligned}$$

где $m_{\text{л}}$ – масса листа, $m_{\text{ш}}$ – масса шприца, m – масса воды.

Решая систему относительно массы листа, получаем:

$$m_{\text{л}} = m \left(\frac{l_4}{l_2} - \frac{l_3}{l_1} \right)^{-1} = 3,4 \text{ г} \quad \text{и} \quad \sigma = 59 \text{ г/м}^2.$$

По найденной массе листа определяем массу шприца: $m_{\text{ш}} = m_{\text{л}} l_3 / l_1 = 4,0$ г.