

-1 Пружинки Приборы и оборудование

Условие

Задача 9-1 Пружинки

Приборы и оборудование: Штатив, линейка, 2 пружины различной жесткости, набор грузов.

Часть 1. Закон Гука.

1.1 Измерьте зависимости удлинения пружин от приложенной силы. Постройте графики полученных зависимостей.

1.2 На основании полученных данных укажите, выполняется ли для имеющихся пружин закон Гука

$$F = kx,$$

Ответ обоснуйте.

1.3 Определите коэффициенты жесткости обеих пружин. Не забудьте оценить погрешность.

Часть 2. Параллельное соединение.

Подвесьте две пружины параллельно (в одно отверстие).

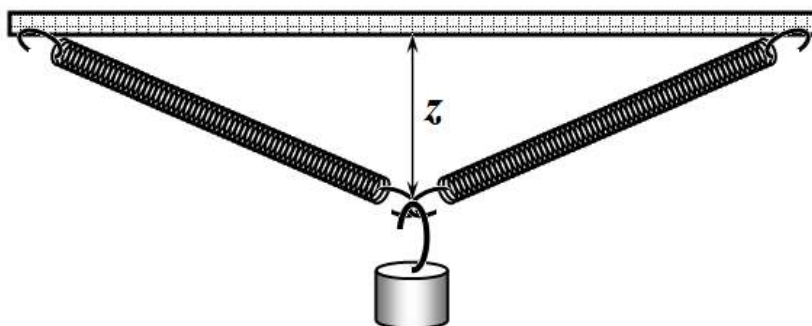
2.1 Измерьте зависимость удлинения сдвоенной пружины от приложенной силы. Постройте график полученной зависимости.

2.2 Используя полученные экспериментальные данные рассчитайте коэффициент жесткости сдвоенной пружины.

2.3 Используя данные, полученные в Части 1, рассчитайте теоретическое значение коэффициента жесткости сдвоенной пружины. Сравните его со значением, измеренным экспериментально.

Часть 3. «Перпендикулярное соединение»

Соедините и подвесьте пружинки, как показано на рисунке.



3.1 Измерьте зависимость вертикального смещения точки соединения пружин z от приложенной силы. Постройте график полученной зависимости.

3.2 Предложите простую формулу, позволяющую приближенно описать полученную зависимость.

Не старайтесь получить точную теоретическую зависимость, она слишком сложна!

Решение

Задача 9-1 Пружинки Часть 1. Закон Гука.

Результаты измерений зависимости длины первой (l_1), второй (l_2) и удвоенной ($l_{1,2}$) от числа подвешенных грузов (N) приведены в таблице. Измерены значения при нагрузке и разгрузке, что показать отсутствие остаточных деформаций. **Таблица 1.**

N	l_1 , мм	l_2 , мм	$l_{1,2}$, мм
1	135	136	98
2	145	140,5	99
3	155	145,5	101,5
4	165	150,5	104,5
5	176	156	108
6	186	161	111,5
7	196	166	115
8	206	171	118
9	216	176	121,5
10	226	180,5	125
9	216	176	
8	206	171	
7	196	166	
6	186	161	
5	176	156	
4	165,5	151	
3	155,5	146	
2	145,5	140,5	
1	135,5	136	
a , мм	10,12	5,02	3,14
k , $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$	$49,4 \pm 0,2$	$99,6 \pm 0,8$	159 ± 10

Предпочтительнее строить зависимость удлинения от числа подвешенных грузов, потому, что именно в этом случае строго выполняются условия применимости метода наименьших квадратов. Эта линейная зависимость описывается формулой

$$l = an + l_0. \quad (1)$$

По коэффициенту наклона этой зависимости следует найти коэффициент упругости в законе Гука

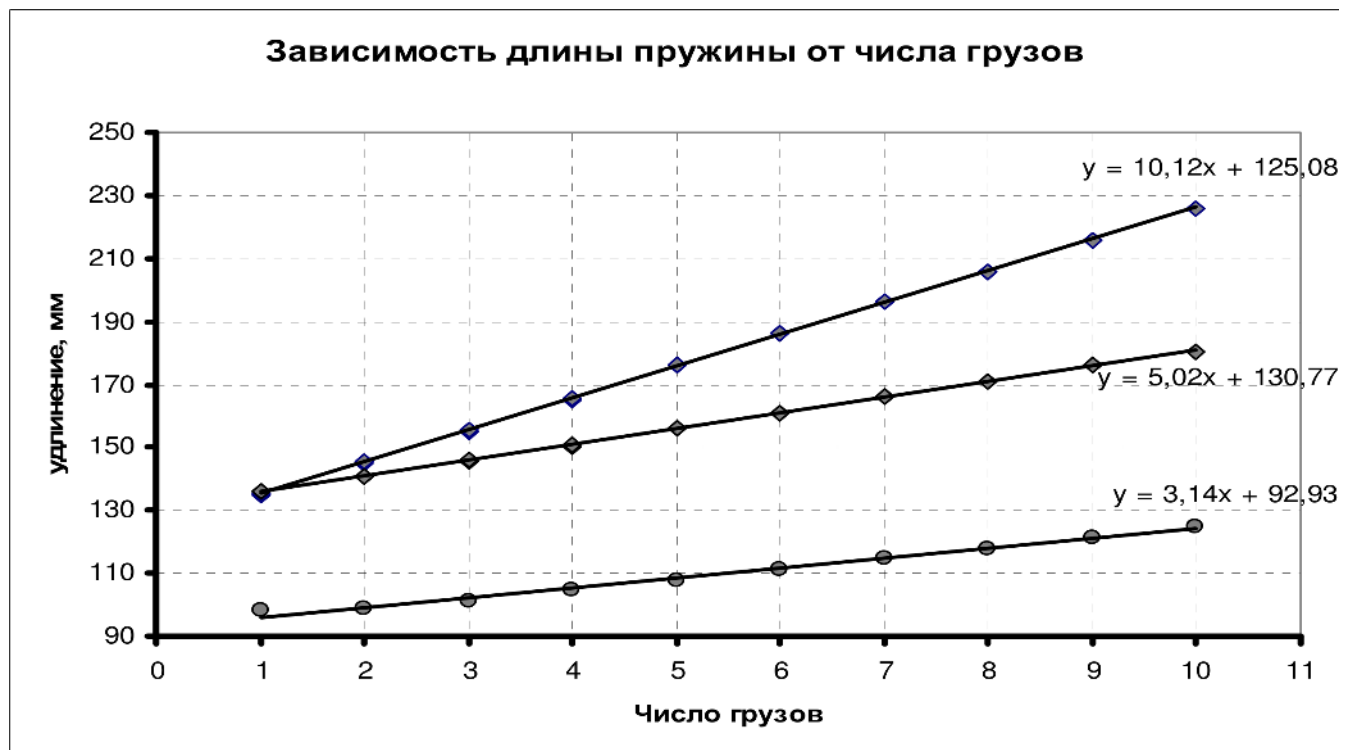
$$F = k\Delta l \quad (2)$$

Учитывая, что приложенной силой является сила тяжести¹ $F = mgn = 0,5n$ (Н), коэффициент жесткости в системе СИ следует рассчитывать по формуле

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta l} = 0,5 \frac{\Delta n}{10^{-3}\Delta l} = \frac{500}{a} \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right). \quad (3)$$

— 1 1

Результаты расчетов этих коэффициентов приведены в последних строках таблицы 1. Ниже приведены графики полученных зависимостей.



Выводы: 1. Так как полученные зависимости линейны, то закон Гука выполняется. 2. В пределах погрешности выполняется соотношение $k_{1,2} = k_1 + k_2$, что соответствует теоретическим выводам.

Часть 3. «Перпендикулярное соединение» Результаты измерений вертикального смещения z , мм от числа подвешенных грузов приведены в таблице 2.

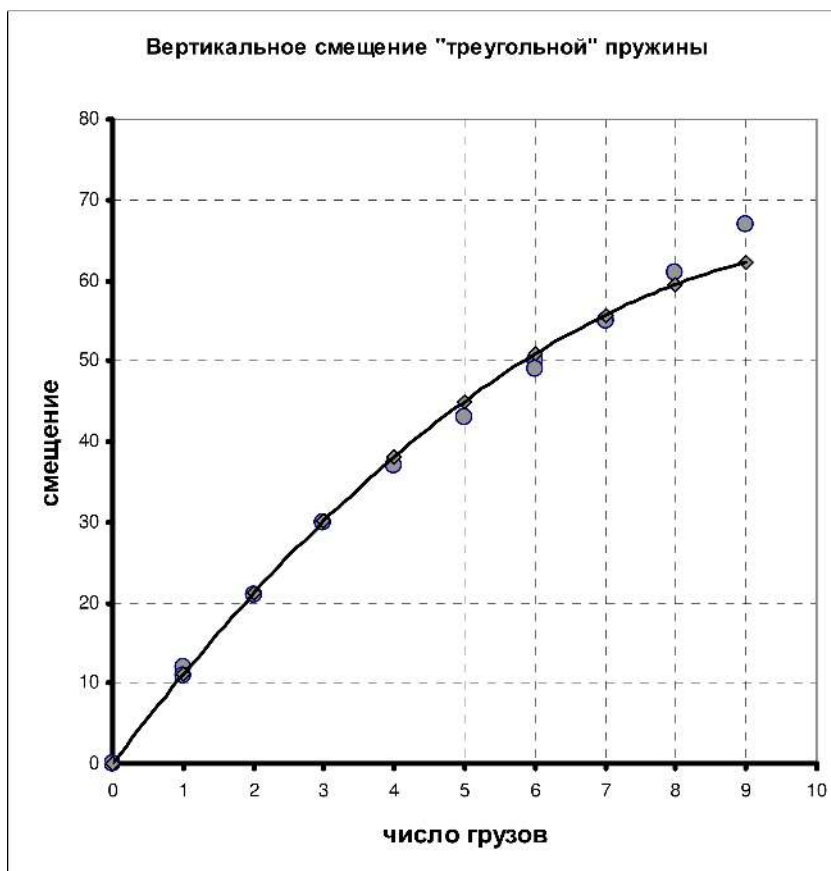


Таблица 2.

n	$z, \text{мм}$
1	0
2	12
3	21
4	30
5	37
6	43
7	50
8	55
9	61
10	67
9	61
8	55
7	49
6	43
5	37
4	30
3	21
2	11
1	0

Выводы.

1. Полученная зависимость нелинейная, причем при увеличении числа грузов изменение смещения уменьшается (жесткость возрастает).
2. Можно предложить различные варианты формул, описывающих полученные данные, например квадратичную, с отрицательным коэффициентом при квадрате: Так кривая проходит через начало координат, то квадратичную зависимость можно записать в виде:

$$z = (k_0 - \beta x)x.$$

На рисунке (отмечены ромбами) проведена такая зависимость.

¹ масса одного груза 50 г, поэтому сила тяжести одного груза 0,5 Н