



0 ?? Запишите номер установки.

Запишем номер установки, указанный на пружине.

1 ?? Измерьте зависимость веса пружины P , установленной на весы одним из оснований, от вертикальной координаты x верхнего витка пружины.

Полученные данные представьте в виде: $\Delta P = P - P_0$, где P_0 — вес всей пружины и $\Delta x = x - x_0$, где x_0 — вертикальная координата верхнего витка пружины, когда вся пружина покоилась на весах.

При помощи малярного скотча закрепим деревянную линейку 40 см к одному из брусочков, так чтобы расположив брусочек на боковой стороне, линейка оказалась в вертикальном положении. При помощи малярного скотча закрепим деревянную линейку 20 см ко второму брусочку, так чтобы положив брусочек одной из больших граней на стол линейка оказалась параллельна столу. Нижний виток пружины поместим на весы, а верхний виток пружины зацепим линейкой 20 см и, прижимая второй брусок к первому, начнем аккуратно поднимать второй брусок по поверхности первого. В ходе измерений пружина не должна соскальзывать с измеряемой области весов. Полученные данные представим в виде таблицы.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
m , г	20,37	15,32	13,41	12,41	11,32	9,89	8,84	8,13	7,17	6,63	6,11	5,2
$ \Delta P $, 10^{-3} Н	0	49	68	78	89	103	113	120	129	135	140	149
x , см	6,2	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
Δx , 10^{-3} м	0	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58
№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
m , г	4,41	4,18	3,46	3,08	2,42	2,08	1,43	0,64	0,32	0,1	0	
$ \Delta P $, 10^{-3} Н	156	159	166	169	176	179	186	193	196	199	200	
x , см	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	
Δx , 10^{-3} м	63	68	73	78	83	88	93	98	103	108	113	

2 ?? Предложите теоретическую зависимость $\Delta P(\Delta x)$ для большого числа витков, изменивших своё положение.

Пусть m — масса одного витка, k — коэффициент жёсткости одного витка. Изменение высоты верхнего витка $\Delta x_1 = mg(n - 1/2)/k$, где n — количество витков с ненулевой деформацией. Изменение высоты i -го сверху витка $\Delta x_i = mg(n - i/2)/k$. Суммарное изменение длины пружины равно

$$\Delta x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i = \frac{mg}{k} \sum_{i=1}^n (n - i/2) = \frac{mgn^2}{2k}.$$

Изменение показаний весов и веса пружины: $|\Delta m| = |\Delta P|/g = mn$ и $|\Delta P| = mgn$.

Тогда

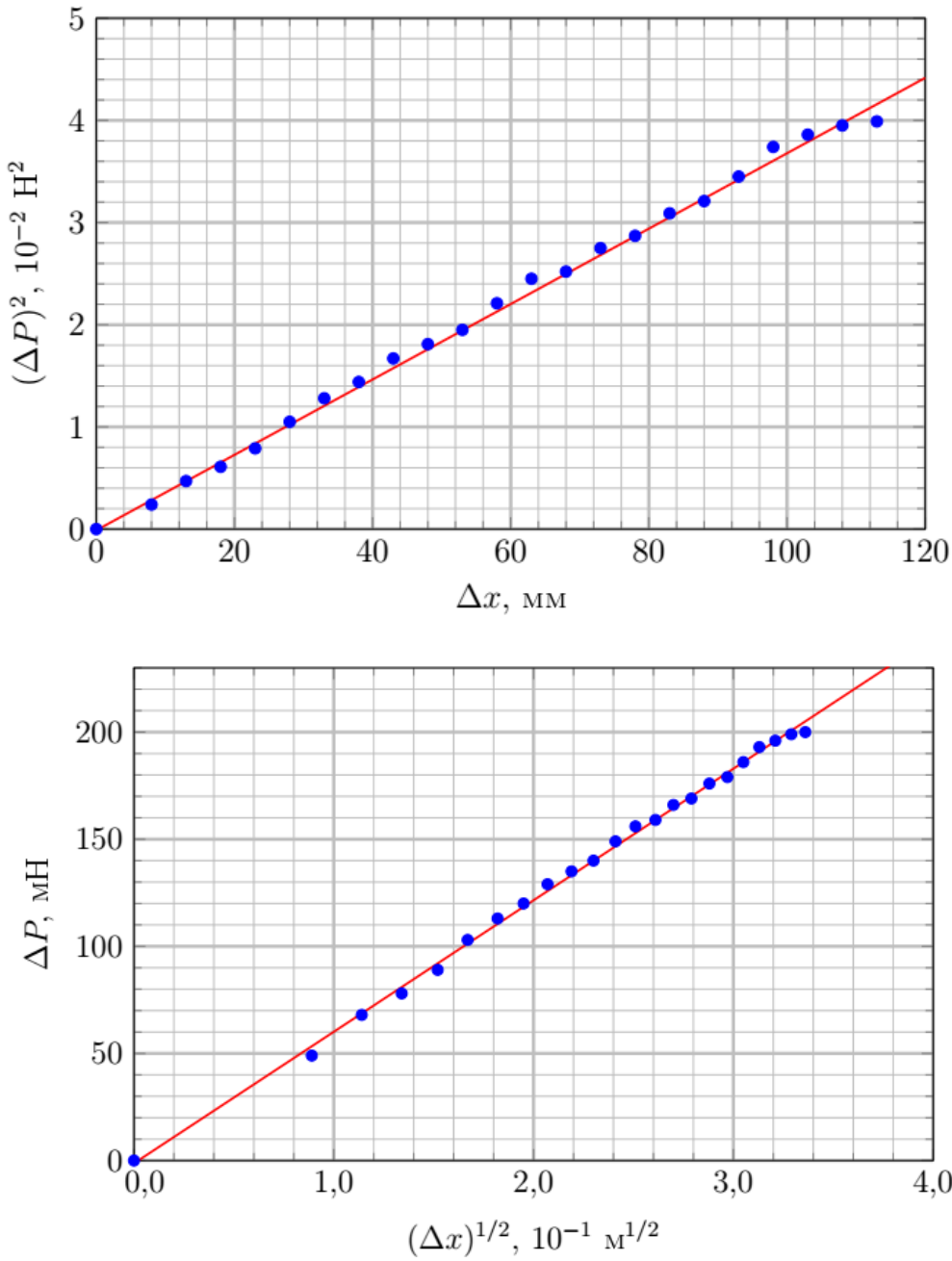
$$(\Delta P)^2 = 2kmg\Delta x \text{ или } |\Delta P| = \sqrt{2kmg}\sqrt{\Delta x}.$$

3 ?? На основании экспериментальных данных пункта 1 с помощью графика проверьте соответствие теории и эксперимента.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$ \Delta P $, 10^{-3} Н	0	49	68	78	89	103	113	120	129	135	140	149
Δx , 10^{-3} м	0	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58
ΔP^2 , 10^{-2} Н ²	0,00	0,24	0,47	0,61	0,79	1,05	1,28	1,44	1,67	1,81	1,95	2,21
$\Delta x^{1/2}$, 10^{-1} м ^{1/2}	0,00	0,89	1,14	1,34	1,52	1,67	1,82	1,95	2,07	2,19	2,30	2,41
№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
$ \Delta P $, 10^{-3} Н	156	159	166	169	176	179	186	193	196	199	200	
Δx , 10^{-3} м	63	68	73	78	83	88	93	98	103	108	113	
ΔP^2 , 10^{-2} Н ²	2,45	2,52	2,75	2,87	3,09	3,21	3,45	3,74	3,86	3,95	3,99	

$\Delta x^{1/2}, 10^{-1} \text{ м}^{1/2}$ 2,51 2,61 2,70 2,79 2,88 2,97 3,05 3,13 3,21 3,29 3,36

Построим график $(\Delta P)^2(\Delta x)$ или $|\Delta P|(\sqrt{\Delta x})$ для проверки соответствия теории и эксперимента.



Графики получились линейными, значит эксперимент подтверждает теорию.

4 ?? Используя результаты пунктов 2 и 3, определите коэффициент жёсткости одного витка пружины и оцените его погрешность.

Массу одного витка пружины можно вычислить $m = M/n$, где $M = 20,37 \text{ г}$ — масса всей пружины, а $n = 37$ — число витков.
Из углового коэффициента графика, построенного в пункте 3, выразим жёсткость одного витка: $k = \frac{\beta_1}{2mg}$ или $k = \frac{(\beta_2)^2}{2mg}$, где $\beta_1 = \frac{(\Delta P)^2}{\Delta x}$, $\beta_2 = \frac{|\Delta P|}{\sqrt{\Delta x}}$.
Произведем оценку погрешности: $k = k(\frac{\Delta \beta_1}{\beta_1} + \frac{\Delta m}{m})$ или $k = k(2\frac{\Delta \beta_2}{\beta_2} + \frac{\Delta m}{m})$.
При расчетах получаем: $k = (34,2 \pm 1,8) \text{ Н/м}$.

5 ?? Оцените момент силы, создаваемый пружиной при повороте одного её конца относительно другого на один оборот вокруг оси симметрии цилиндрической части пружины. Опишите метод.

При помощи малярного скотча закрепим один виток пружины к концу деревянной линейки 40 см. Поместим пружину боковой стороной на стол, так чтобы линейка находилась в вертикальной плоскости, а свободный край линейки лежал на весах. Расположим бруски по обе стороны от линейки на расстоянии 2 — 3 мм. Обнулим показания весов и начнем аккуратно скручивать свободный конец пружины относительно закреплённого на линейке. Создаваемый пружиной момент сил будет компенсироваться моментом силы реакции весов: $M = mgl$, где $m = 2,51 \text{ г}$ — показания весов, а $l = 41 \text{ см}$ — длина линейки. Момент сил, создаваемый пружиной при повороте одного её конца относительно другого на один оборот: $M = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м}$. Поскольку в данном опыте производится оценка измеряемой величины, то погрешность не вычисляется.