

В задаче требуется оценка погрешностей!**Теоретическое введение.**

Чаще всего в физике рассматриваются пружины растяжения. Технически такие пружины рассчитаны именно на деформацию растяжения. Деформация сжатия таких пружин часто невозможна из-за близкого расположения витков друг к другу в нерастянутом состоянии пружины. Для таких пружин линейность зависимости силы упругости от ее растяжения не вызывает сомнений и может быть проверена простым экспериментом.

В этой задаче будет изучаться пружина сжатия, то есть технически рассчитанная на то, что она будет сжиматься. Измерение зависимости силы сжатия такой пружины от ее деформации задача более сложная, как минимум из-за того, что пружина стремится изогнуться при воздействии на нее осевой силы сжатия.

В качестве опорной силы в этом эксперименте предлагается использовать силу давления газа. Для ее расчета воспользуйтесь законом Бойля-Мариотта, который гласит, что давление в замкнутом объеме газа обратно пропорционально его объему при неизменной температуре. Или, в более удобной форме, что произведение давления газа p и его объема V при неизменной температуре есть величина постоянная:

$$pV = const. \quad (1)$$

Задание.

1. Измерьте площадь поперечного сечения внутренней части шприца наиболее точно.
2. Придумайте и опишите такой способ воздействия на пружину сжимающей силы, чтобы в процессе сдавливания пружина не должна изгибаться, а измерения были наиболее точными.
3. Измерьте зависимость силы упругости, возникающей в пружине, от ее сжатия в максимально больших пределах. Подробно опишите, какие именно измерения вы делали. Постройте график этой зависимости.
4. Какой математической функцией описывается зависимость из пункта 3? Запишите уравнение этой функции, определив числовые значения коэффициентов.

Оборудование. 2 шприца 20 мл, пружина, линейка, муфта для герметизации шприца.

Примечание. Изначально муфта надета на шприц. Чтобы выставить начальный объем V_0 воздуха в шприце, необходимо снять муфту, затем переместить поршень на нужное деление и закрыть носик шприца муфтой.

Построенный вами график зависимости силы упругости, возникающей в пружине, от ее сжатия может не проходить через точку $(0, 0)$. С учётом погрешности ваших измерений это несущественно. Атмосферное давление составляет $p_0 = 10^5$ Па.

После окончания работы необходимо вернуть муфту на носик шприца!

Решение

1. Объем части шприца, ограниченной делениями, составляет $V = 20 \text{ см}^3$. Высота этой части шприца составляет $h = 6.9 \text{ см}$. Тогда площадь поперечного сечения внутренней части шприца составляет:

$$S = \frac{V}{h} = 2.9 \text{ см}^2. \quad (2)$$

2. Для того, чтобы избежать изгиба пружины при воздействии на нее сжимающей силы, поместим ее внутрь шприца. В этом случае стенки шприца будут ограничивать изгиб, а давить на пружину будет проще всего через поршень.
3. Для измерения зависимости силы упругости пружины от ее сжатия соберем установку, изображенную на рисунке 1.

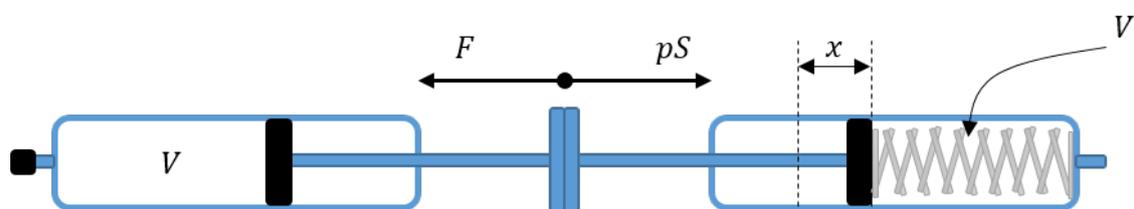


Рис. 1. Схема установки.

Если надавить на шприцы, то внутренний объем каждого из них уменьшится. Шприц с воздухом будет выполнять роль динамометра. По его объему можно вычислить силу, действующую на поршни шприцов со стороны пружины. Обозначим начальный объем шприца-динамометра $V_0 = 20 \text{ мл}$ и его текущий объем V . Тогда сила давления воздуха на поршень шприца составит:

$$pS = \frac{p_0 V_0}{V} S - p_0 S. \quad (3)$$

С другой стороны, из-за неподвижности поршней можно утверждать, что эта сила уравновешена силой реакции опоры, действующей на поршни со стороны пружины. Последняя, в свою очередь, равна силе упругости, возникающей между витками самой пружины. Поршень в шприце, внутрь которого помещена пружина, при воздействии перемещается. Его координату будем фиксировать по делениям шприца V' . Так как площадь внутреннего сечения шприца известна, то можно рассчитать из этих показаний изменение длины пружины:

$$x = \frac{\Delta V'}{S}. \quad (4)$$

Измерим зависимость V от V' и пересчитаем ее в искомую зависимость силы упругости F от сжатия пружины x :

| V' , мл | $\Delta V'$, мл | x , см | V , мл | F , Н | ΔF , Н |
|-----------|------------------|----------|----------|---------|----------------|
| 20.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | 0.0 | 0.0 |
| 19.0 | 1.0 | 0.4 | 15.0 | 9.7 | 0.7 |
| 18.0 | 2.0 | 0.7 | 12.0 | 19.3 | 1.2 |
| 17.0 | 3.0 | 1.1 | 10.0 | 29.0 | 1.7 |
| 16.0 | 4.0 | 1.4 | 9.0 | 35.4 | 2.1 |
| 15.0 | 5.0 | 1.8 | 8.0 | 43.5 | 2.6 |
| 14.0 | 6.0 | 2.1 | 7.0 | 53.9 | 3.4 |
| 13.0 | 7.0 | 2.5 | 6.0 | 67.7 | 4.7 |

Построим график зависимости силы упругости от изменения длины пружины. Как видим, график хорошо описывается линейной функцией без смещения. Значит, зависимость силы от сжатия линейная и описывается коэффициентом жесткости:

$$k = 26.3 \text{ Н/см.} \quad (5)$$

График зависимости F от x 