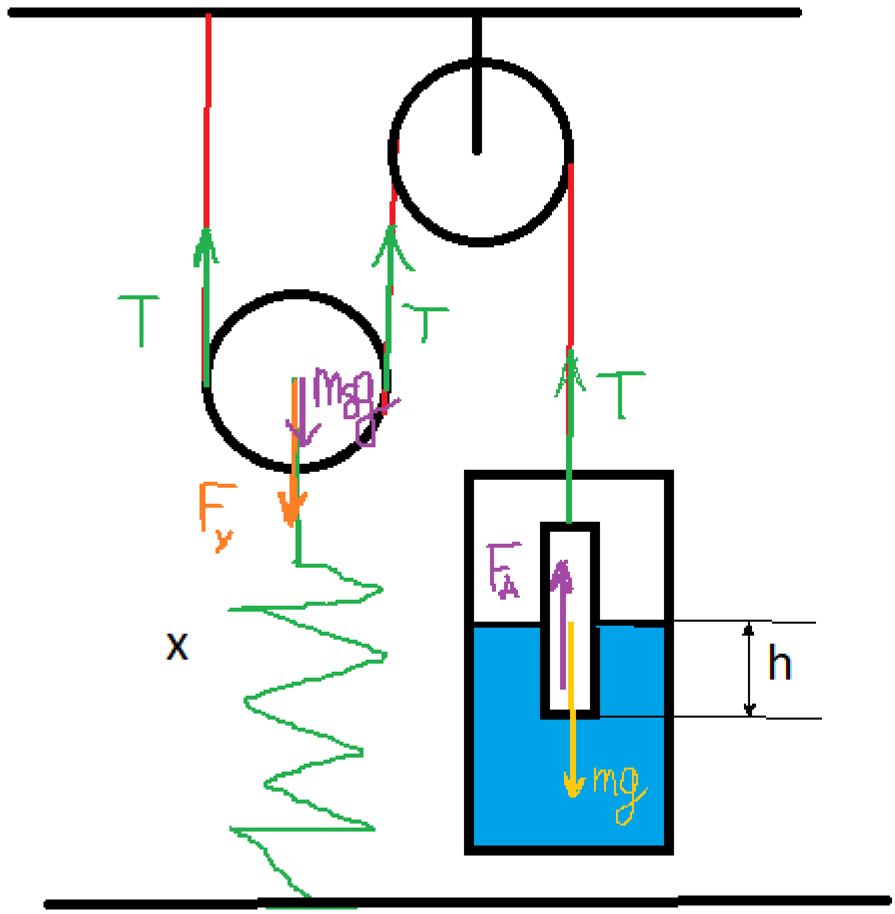
Решение 7.1 Сложный механизм

Нарисуем схему установки и укажем силы, действующие на блок и груз, частично погруженный в воду:



Запишем условие равновесия груза: $F_a + T = mg$

Запишем условие равновесия блока: $2T = F_y + m_{блока}g$

Выражение для силы упругости будет следующим: $F_y = k(x + x_0)$, где x – удлинение пружины, вызванное грузом, а x_0 – изначальное удлинение пружины под собственным весом.

Запишем выражение для силы Архимеда, действующей на груз: $F_a = \rho g S h$, где S – площадь основания груза, h – глубина погружения груза, ρ – плотность воды

Преобразуя полученные выражения, получаем теоретическую зависимость x(h):

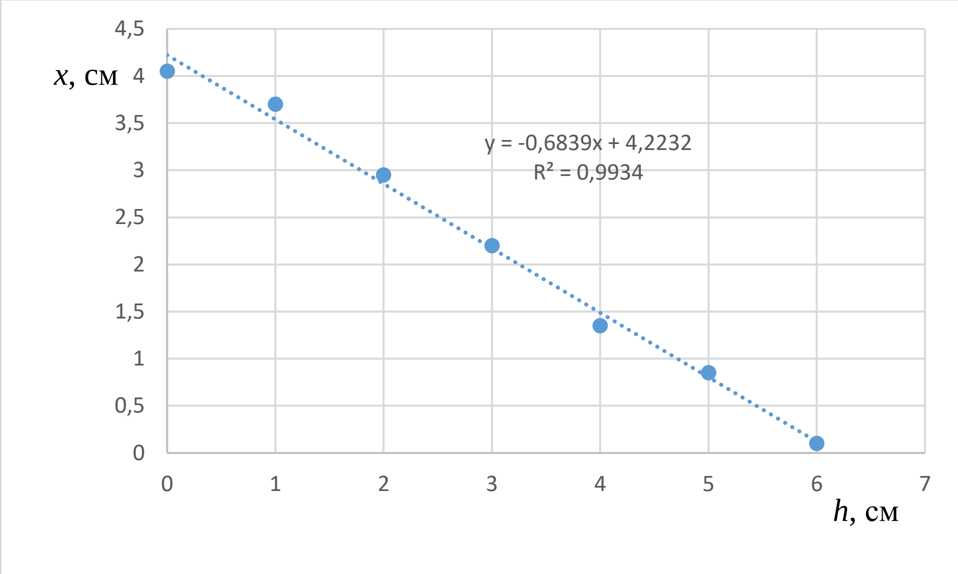
$$x(h) = -\left(\frac{2\rho g S}{k}\right)h + 2mg - m_{блока}g - kx_0$$

Легко заметить, что зависимость линейная. По угловому коэффициенту полученной зависимости мы и определим коэффициент жесткости пружины.

Площадь основания груза вычисляем по его линейным размерам: $S = b^2 = 1$ см^2

Для точного измерения глубины погружения груза, приклеиваем к грузу миллиметровку скотчем. Погружая груз в воду, снимаем зависимость удлинения пружины от глубины погружения груза.

Строим график полученной зависимости.



По графику угловой коэффициент $\alpha = -0{,}684$

По угловому коэффициенту α определяем коэффициент жесткости пружины.

$$k = -\frac{2\rho g S}{\alpha} = 2{,}9 \text{ Н/м}$$

Можно заметить, что при полном погружении груза пружина повисает на блоке и больше ничего не касается. Тогда, условие равновесия блока будет следующим:

$$2T = m_{\text{пружины}} g + m_{\text{блока}} g$$

Откуда $m = \frac{m_{\text{пружины}} + m_{\text{блока}}}{2} + \rho S h^*$, где $h^* = 6$ см – высота груза

Подставляя числа, получаем m = 16,15 г

Для учета трения в блоках можно усреднять значения расстояний при подъеме и при опускании груза. Сильно это на результаты не влияет.

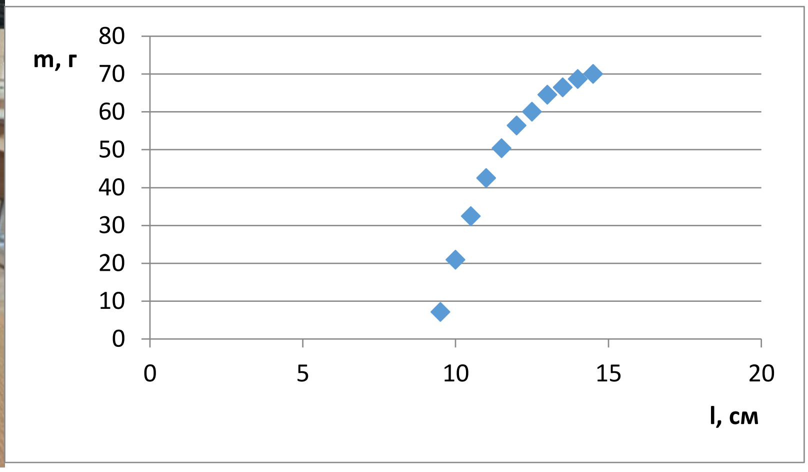
Критерии оценивания (максимум 15 баллов).

Записано условие равновесия груза	1
Записано условие равновесия блока	1
Получена теоретическая зависимость $x(h)$	2
Записана таблица измерений $x(h)$, по 0,5 балла за измерение	Max 3,5
Построен график зависимости $x(h)$	2
Определена площадь сечения груза S	0,5
По графику определен угловой коэффициент α	1
Рассчитан коэффициент жесткости пружины k = (2,7; 3,3)Н/м	2
Определена масса груза m = (15; 17)г	2

Решение 7.2 Сделай сам

Для проведения первых экспериментов берем короткую проволоку и изготовляем из нее пружину.

Груз тяжелый, проволока тонкая, если груз подвесить к самодельной пружине, то та разгибается в прямую. Поэтому ставим груз на весы, производим тарирование, подвешиваем сверху к грузу пружину и растягиваем ее. Удобно это делать, накрутив на лапку штатива нить, прикрепленную к пружине свободным концом и в дальнейшем менять длину пружины, поворачивая лапку штатива, как катушку (см рисунок).

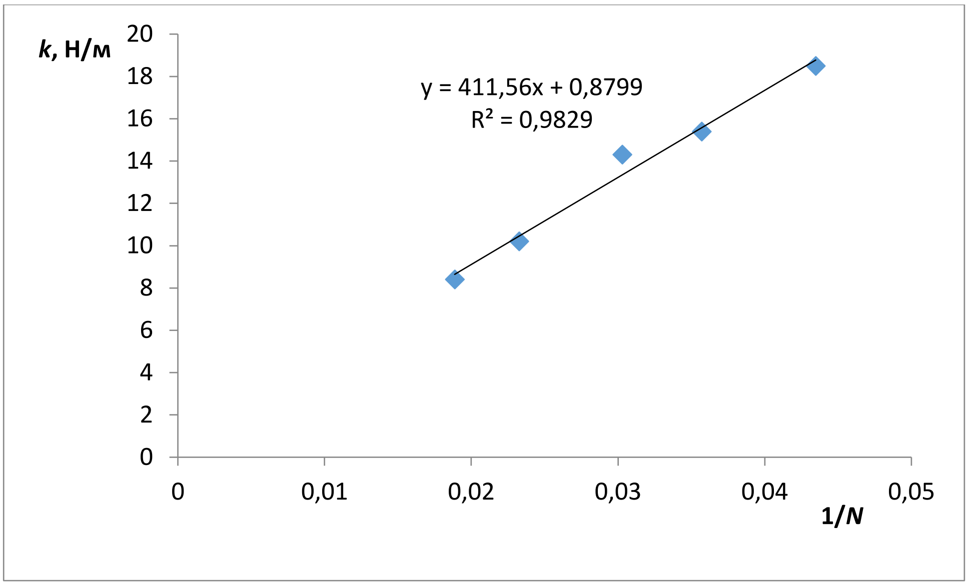


Сперва проверяем, что деформация подчиняется закону Гука. По линейке измеряем удлинение, по показаниям весов силу упругости. Строим график зависимости показаний весов от длины пружины $m(l)$ и замечаем, что зависимость не везде линейная.

При больших значениях удлинения и силы упругости закон Гука перестает выполняться. При очень больших удлинениях пружина не возвращается в исходное состояние, деформация становится пластичной. В диапазоне удлинений, где выполняется закон Гука можно измерять жесткость (показания весов меньшие, чем 50 г).

Берем длинную проволоку, делаем из нее пружину. Не превышая критическую силу упругости измеряем силу упругости и удлинение пружины несколько раз. Вычисляем усредненный коэффициент жесткости пружины. Укорачиваем пружину и повторяем измерения. Полученные данные заносим в таблицу. Строим график зависимости коэффициента жесткости от обратного числа витков $k(N^{-1})$.

N	k, Н/м	$1/N$
53	8,4	0,018868
43	10,2	0,023256
33	14,3	0,030303
28	15,4	0,035714
23	18,5	0,043478



Значение константы a совпадает с угловым коэффициентом графика $k(N^{-1})$. Находим его по графику: a = 412 Н/м

Критерии оценивания (максимум 15 баллов).

Указано, что при подвешивании грузика к пружине деформация не будет подчиняться закону Гука (будет неупругой)	1
Описан метод измерения силы упругости при небольших деформациях	2
Построен график зависимости силы упругости от удлинения пружины, или подобный ему для одной пружины	2
Получен диапазон сил упругости, или относительных удлинений, в котором деформация подчиняется закону Гука	1
Получена таблица вычисленных коэффициентов жесткости различных пружин Баллы не ставятся, если деформация была больше предельной (>0.5 Н)	По 1 за пружину, но не больше 5
Верно выбраны оси для построения графика	1
Построен график зависимости $k(N^{-1})$ Баллы ставятся при условии корректного метода измерения	2
Определено значение a = (300; 500) Н/м	1