

Условия и решения задач экспериментального тура
городской открытой олимпиады школьников по физике 2025/26 года

7 класс

Задача 7.1. Пружина в шприце.

Список оборудования: шприц с пружиной внутри, электронные весы, деревянная рейка, лист бумаги формата А4, 5 спичек, деревянный брусок.

Задание: С помощью выданного оборудования, определите коэффициент жесткости пружины. Шприц разбирать запрещено, ваша линейка в оборудование не входит.

Возможное решение:

Чтобы измерить удлинение пружины в системе СИ, определим расстояние между соседними рисками шприца (размер деления шприца) в миллиметрах. Для этого отмеряем на спичке, или бумаге расстояние равное внутреннему диаметру шприца d . Откладываем на листочке А4 расстояние соответствующее 11 d . Это же расстояние равно 61 размерам деления шприца. Отсюда получаем, что один диаметр шприца $d = 61/11 = 5,55$ размерам деления шприца. Внутренний объем шприца, соответствующий 20 мл можно посчитать по формуле $V = h \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$, где $h = 20$ размерам деления шприца. Получаем, что 20 мл = 483.6 (размер деления шприца)³, откуда один размер деления шприца равен 3,46 мм.

Если напрямую попытаться измерить силу упругости с помощью весов, то весы зашкаливает. Для измерения силы упругости соберём установку изображенную на рисунке:



Спички тут нужны для более точного определения плеч рычага. Оттарируем весы и начнем давить на шприц, сжимая пружину.

Снимем показания весов m и удлинение пружины по шкале шприца $x = 7$ размер деления шприца = 24,2 мм.

По правилу рычага относительно оси, проходящей через левую спичку: $\frac{F}{P} = \frac{L}{S}$, где

F - сила упругости, возникающая в пружине,

P – вес, с которым направляющая давит на весы,

L - расстояние между спичками на бруске и весах,

S – расстояние между спичками у шприца и на весах.

Переведём показания весов в вес конструкции, действующий на весы: $P = mg$. Заметим, что при движении шприца вниз и движении шприца вверх, показания весов будут различны при одном и том же удлинении пружины. Это связано с тем, что сила трения, действующая на поршень со стороны стенок шприца будет иметь противоположные направления при различном движении шприца. Чтобы исключить влияние силы трения, посчитаем среднее арифметическое максимальных и минимальных показаний весов при фиксированном удлинении пружины. $P_{\min} = 3$ Н, $P_{\max} = 3,2$ Н, $P_{\text{ср}} = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2} = 3,1$ Н.

С помощью шприца измерим соответствующие плечи:

$L = 140$ размер деления шприца,

$S = 20$ размер деления шприца (специально подобраны целыми).

Подставляя значения в правило рычага, получаем $F = 21,7$ Н.

Из закона Гука вычисляем коэффициент жесткости пружины $k = \frac{F}{x}$

Повторяем эксперимент для других удлинений и усредняем полученные результаты.

Итого получаем $k = 900$ Н/м

Задача 7.2. Воздушный шарик.

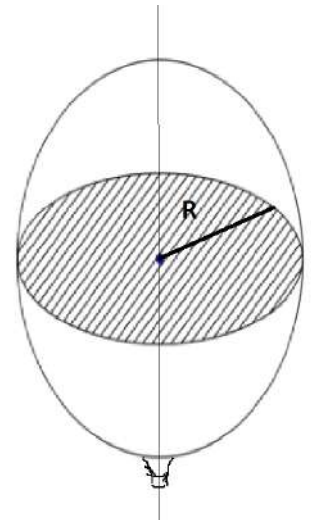
Список оборудования: резиновый шарик, переходник, гибкая прозрачная трубочка, стакан с водой, мерная лента, штатив, миллиметровая бумага для построения графиков, скотч по требованию.

Задание:

1. С помощью выданного оборудования, измерьте зависимость избыточного давления воздуха внутри шарика от радиуса шарика при сдувании шарика в диапазоне от 11 см до 2 см. Постройте график полученной зависимости.
2. С помощью полученного графика, предскажите поведение системы состоящей из двух надутых шариков, герметично соединенных трубочкой с воздухом, если
 - а. радиус маленького шарика 5 см, а большого 8 см
 - б. радиус маленького шарика 8 см, а большого 11 см
3. Используя полученный график, определите силу упругости, возникающую в резине в поперечном сечении шарика при радиусах шарика 3 см, 4 см, 6 см, 8 см, 10 см.

Примечания:

1. Под избыточным давлением подразумевается разность давления воздуха внутри шарика и атмосферного давления снаружи.
2. Под поперечным сечением шарика подразумевается сечение шарика плоскостью, перпендикулярной оси симметрии шарика и проходящей через его центр (см рисунок).
3. Под радиусом шарика подразумевается радиус этого сечения R .
4. Плотность воды принять равной 1000 кг/м^3
5. Длина окружности $L = 2 \pi R$, площадь круга $S = \pi R^2$



Возможное решение:

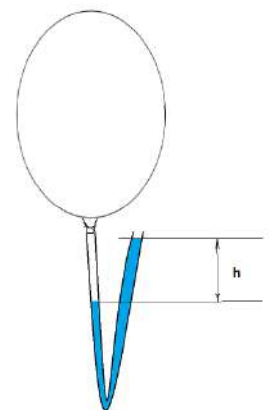
Соберем установку для измерения давления воздуха внутри шарика с помощью жидкостного манометра. Для этого соединим трубочку с водой и надутый шарик через переходник (см рисунок). По разности уровней жидкости определим избыточное давление воздуха в шарике.

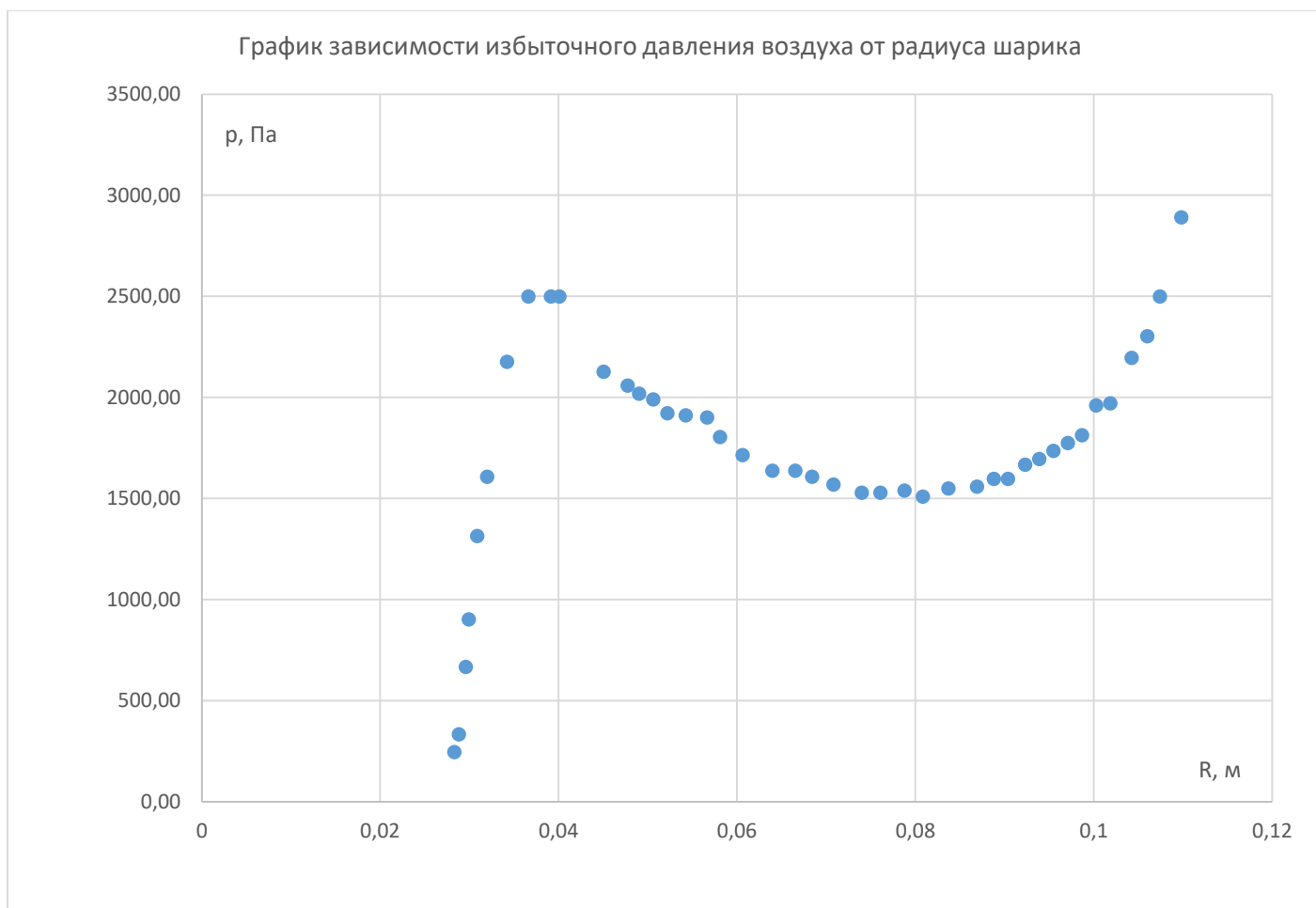
$$p = \rho gh$$

С помощью мерной ленты измерим длину окружности поперечного сечения L

Радиус шарика рассчитаем по формуле: $R = \frac{L}{2\pi}$

Сравливая воздух из шарика, будем измерять зависимость давления воздуха внутри шарика от радиуса шарика. Построим график полученной зависимости:





Из графика видно, что давление воздуха в шарике радиусом 5 см больше давления воздуха в шарике радиусом 8 см, поэтому в первом случае воздух начнет переходить из маленького шарика в большой и маленький шарик начнет уменьшаться, а большой увеличиваться в размерах, пока давления не сравняются. Во втором случае в маленьком шарике радиусом 8 см давление меньше, чем в большом шарике радиусом 11 см и воздух начнет переходить из большого шарика в маленький, маленький шарик начнет увеличиваться в размерах, а большой уменьшаться, пока давления не сравняются.

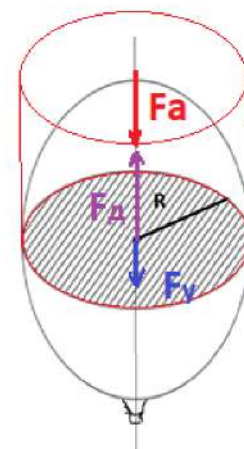
Для ответа на последний вопрос рассмотрим цилиндр, в котором заключена верхняя часть шарика (выделен красным на рисунке). По вертикали на это цилиндр действует вниз сила атмосферного давления F_a со стороны внешнего воздуха и сила упругости F_y со стороны нижней части шарика, а вверх действует сила давления F_d со стороны нижней части воздуха внутри шарика. Так как цилиндр неподвижен, получаем соотношение:

$$F_d = F_a + F_y$$

$$F_y = F_d - F_a = pS = p \pi R^2$$

Избыточное давление при нужных радиусах определяем по графику и получаем:

R, см	3	4	6	8	10
F _y , Н	2,5	12,5	20	31	62



Из полученной зависимости видно, что несмотря на то, что давление внутри шарика может уменьшаться с ростом радиуса шарика, сила упругости, возникающая в резине при этом все время растет.

На эту тему можно посмотреть ролик от GetAClass <https://zen.ru/video/watch/6090d3efb8f34b04d2ecc40c>