

### Задание 7.1 Воздушный шарик

Известно, что квадрат времени  $t$  подъема шарика, надутого гелием как-то зависит от величины обратной массе  $m$  всей поднимающейся системы. Исследуйте эту зависимость, изменяя массу груза, прикрепляемую к шарик с гелием.

- Снимите зависимость времени подъема системы от ее массы. Каждое измерение проводите не менее трех раз, а затем усредняйте. При этом можно считать, что масса установки без гаек – 4 грамма, а масса одной гайки – 0,65 грамм. Все результаты занесите в таблицу.
- Постройте на миллиметровке график полученной зависимости в осях, предложенных в начале условия задачи ( $t^2(\frac{1}{m})$ ).
- Помощью полученного графика определите массу выданной вам конфетки. После завершения всех измерений конфетку можно съесть.

**Оборудование:** Шарик с гелием, набор гаек массой 0,65 грамм каждая(6 штук), секундомер, устройство для возвращения шарика на землю, конфета.

**Примечание:** Постарайтесь не лопнуть шарик в процессе работы, вам могут выдать только один запасной шарик вместо испорченного.

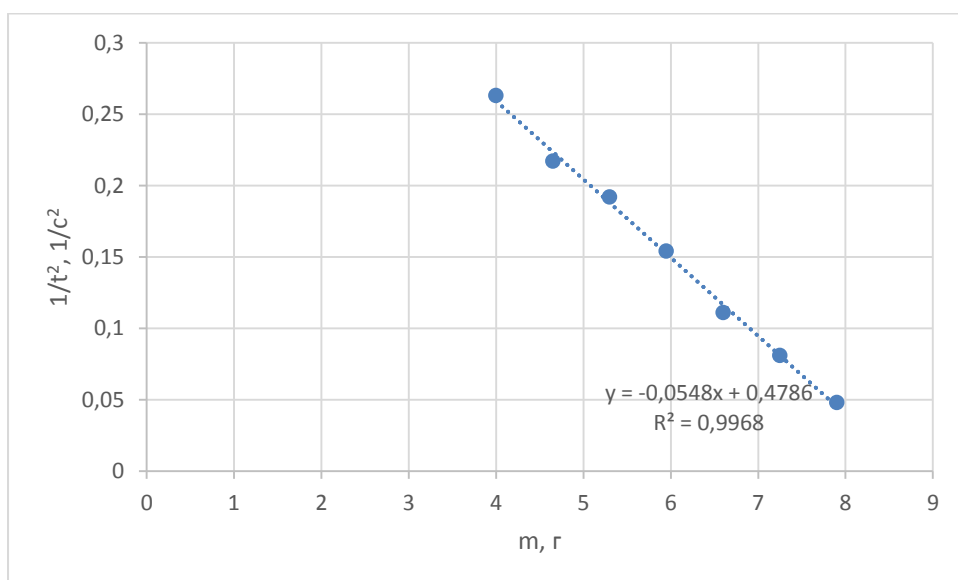
$m,$						
$\frac{1}{m},$						
$t_1,$						
$t_2,$						
$t_3,$						
$t_{\text{среднее}},$						
$t^2_{\text{среднее}},$						

## Возможное решение

Собранная установка запускалась с уровня пола (в момент запуска пола касался только нижний край ленты, поэтому поднимаемая шариком масса в процессе запуск неизменна). Первая серия измерений была проведена для системы без грузов. В каждой последующей серии в мешочек добавлялось по одному грузу. Всего было сделано семь серий измерений (при добавлении последнего груза из набора шарик не полетел). Результаты представлены в таблице.

m, г	4	4,65	5,3	5,95	6,6	7,25	7,9
t <sub>1</sub> , с	1,94	2,06	2,31	2,53	3,09	3,53	4,72
t <sub>2</sub> , с	2,07	2,19	2,35	2,4	3,19	3,59	4,56
t <sub>3</sub> , с	1,94	2,22	2,34	2,5	2,91	3,57	4,33
t <sub>4</sub> , с	1,79	2,1	2,16	2,53	2,84	3,53	4,53
t <sub>5</sub> , с	1,94	2,13	2,18	2,72	2,96	3,32	4,75
t <sub>среднее</sub> , с	1,94	2,14	2,27	2,54	3	3,51	4,58
σ t <sub>среднее</sub> , с	0,10	0,07	0,09	0,12	0,14	0,11	0,17
1/t <sub>среднее</sub> <sup>2</sup> , 1/с <sup>2</sup>	0,263	0,217	0,192	0,154	0,111	0,081	0,048

Зависимость  $\frac{1}{t^2}(m)$  изображена на графике.



Экспериментальные точки ложатся на прямую линию с приемлемой достоверностью. Это позволяет, для системы с конфетой, по времени падения определить ее массу.

**Критерии оценивания (максимум 15 баллов).**

1	Записано, что шарик всегда поднимается с одного и того же уровня относительно пола	2
2	Отмечено, что при подъёме масса системы была постоянной	1
3	Снята зависимость времени подъёма системы от ее массы (заполнена таблица) – максимум 4 балла 7 и более точек – 4 балла 5-6 точек – 2 балла 4 точки – 1 балл 3 и менее точек – 0 баллов В случае, если не проведено усреднение результатов, половина полученных баллов снимается.	4
4	Построен график в предложенных осях – максимум 5 баллов график занимает не менее 80% площади листа – 1 балл выбрана постоянная цена деления при этом на каждой из осей присутствует не менее трёх и не более десяти отсчётов – 1 балл подписана точка пересечения координатных осей – 1 балл подписаны оси и указаны единицы измерения – 1 балл проведена прямая, а не ломаная – 1 балл	5
5	Определена масса выданной конфеты – максимум 3 балла попадание в $\pm 10\%$ [3,75 г; 4,55] – 3 балла попадание в $\pm 20\%$ [3,35 г; 4,95] – 2 балла попадание в $\pm 30\%$ [2,95 г; 5,35] – 1 балл	3

## Задание 7.2. Объем шприца

Определите объем и массу шприца без воздуха, который в нем находится, и опишите, как это можно сделать.



**Оборудование:** ведро с водой, шприц, груз неизвестной массы, направляющая, нитки по требованию.

**Примечание:** под шприцом, объем которого надо измерить, подразумевается шприц с трубкой и наконечником.

### Возможное решение.

1. Подвешиваем грузик к наконечнику шприца и отпускаем его в ведро с водой наконечником вниз, отмечаем уровень, на который он погружается.
2. Подвешиваем грузик к рукоятке поршня и отпускаем шприц в ведро с водой рукояткой поршня вниз. Изменяя объем воздуха в шприце, добиваемся того, чтобы шприц погружался до той же отметки, что и в пункте 1. Измерим полученный объем воздуха в шприце -  $V_1$
3. Так как сила тяжести, действующая на шприц в этих двух случаях одинакова, то и силы Архимеда, действующие на шприц будут равны, как следствие, будут равны и объемы погруженных частей. В сумме эти объемы равны объему шприца с воздухом, т.к. шприц погружен до одной и той же отметки что в первом, что во втором случае. Каждый из этих объемов будет равен половине суммарного объема шприца с воздухом.

Получаем первое условие равновесия шприца в воде:

$$(m_{\text{груза}} + m_{\text{шприца}})g = \rho g(V_{\text{груза}} + \frac{V_{\text{шприца}} + V_1}{2}) \quad (1)$$

4. Уменьшая объем воздуха в шприце, добьемся того, чтобы он полностью утонул. Замерим граничный объем воздуха в шприце, при котором это происходит -  $V_2$

Получим второе условие равновесия шприца в воде:

$$(m_{\text{груза}} + m_{\text{шприца}})g = \rho g(V_{\text{груза}} + V_{\text{шприца}} + V_2) \quad (2)$$

5. Путем нехитрых математических преобразований из уравнений 1 и 2 получаем:

$$V_{\text{шприца}} = V_1 - 2 \cdot V_2 \quad (3)$$

Подставляя измеренные объемы воздуха, вычисляем объем шприца

6. Выпустим весь воздух из шприца и опустим его в воду без груза. Заметим, что шприц плавает в воде, практически полностью в нее погрузившись. Это означает, что плотность шприца и воды мало отличаются друг от друга. Тогда можно вычислить массу шприца, как

$$m = \rho_{\text{воды}} \cdot V_{\text{шприца}}$$

**Критерии оценивания (максимум 15 баллов).**

1	Получено уравнение 1, или его аналоги	4
2	Измерен объем $V_1$	1
3	Получено уравнение 2, или его аналоги	2
4	Измерен объем $V_2$	1
5	Получено уравнение 3, или его аналоги	2
6	Получено значение объема шприца без воздуха $V_{\text{шприца}} = (11 - 14)$ мл – 2 балла $V_{\text{шприца}} = (10 - 15)$ мл – 1 балл	2
7	Показано, что плотности шприца и воды мало отличаются друг от друга	1
8	Получено значение массы шприца $m = (11 - 14)$ г – 2 балла $m = (10 - 15)$ г – 1 балл	2

**Примечания:**

1. Под аналогами подразумеваются эквивалентные уравнения, а так же эквивалентные уравнения без груза, т.к. от груза в этой работе мало что зависит.
2. Если масса шприца определяется гидростатическим взвешиванием и при этом не учитывается объем стенок шприца и направляющей, то пункты 6,7,8 все равно оцениваются, несмотря на неточность такого решения.