1 Измерьте зависимость (не менее 10 точек) координаты центра масс системы x_{C1} (в мл) от показаний шприца V — объёма воздуха в нём (в мл). Постройте график зависимости $x_{C1}(V)$ и определите по нему отношение масс m_1/m_2.

Все расстояния будем измерять с помощью шкалы на шприце. Координаты центров масс будем определять, подвесив в горизонтальном положении шприц на нити. Чтобы не держать шприц в руках, точку подвеса закрепим скотчем к столу.

Пусть центр масс цилиндра находится в координате x_1, а центр масс поршня, когда показания шприца нулевые, имеет координату x_2. Выдвинем поршень так, чтобы показания шприца стали равными V. Тогда центр масс поршня сместится в координату $x_2 + V$. Центр масс всего шприца будет находиться в координате:

$$x_{C1}(V) = \frac{m_1x_1 + m_2(x_2+V)}{m_1+m_2} = \frac{m_1x_1+m_2x_2}{m_1+m_2} + \frac{m_2}{m_1+m_2}V.$$

Снимем эту зависимость, построим ее график.

x_{C1}, мл	V, мл
5,6	0
6,2	1
6,8	2
7,2	3
7,6	4
8,2	5
8,8	6
9,2	7
9,6	8
10,0	9

Из углового коэффициента $k = \frac{m_2}{m_1+m_2} \approx 0{,}49$ определим отношение $\frac{m_1}{m_2}$:

Ответ:

$$\frac{m_1}{m_2} \approx 1{,}0.$$

2 Повторите измерения, заполняя шприц водой объёмом V. Для каждого значения V определите координату центра масс x_{C2} (не менее 10 точек). Постройте график зависимости $x_{C2}(V)$ на той же координатной плоскости, что и в пункте 1. Определите минимальное значение $x_{C2}^{\min}$.

В случае, когда внутри шприца находится V мл воды, координата его центра масс вычисляется чуть сложнее. Важно учесть, что к суммарной массе $m_1 + m_2$ добавляется масса воды $\rho_0 V$, центр масс которой находится в координате $V/2$. Формула координаты центра масс системы x_{C2} в зависимости от объёма воды V:

$$x_{C2}(V) = \frac{m_1x_1 + m_2(x_2+V) + \frac{\rho_0 V^2}{2}}{m_1+m_2+\rho_0 V}.$$

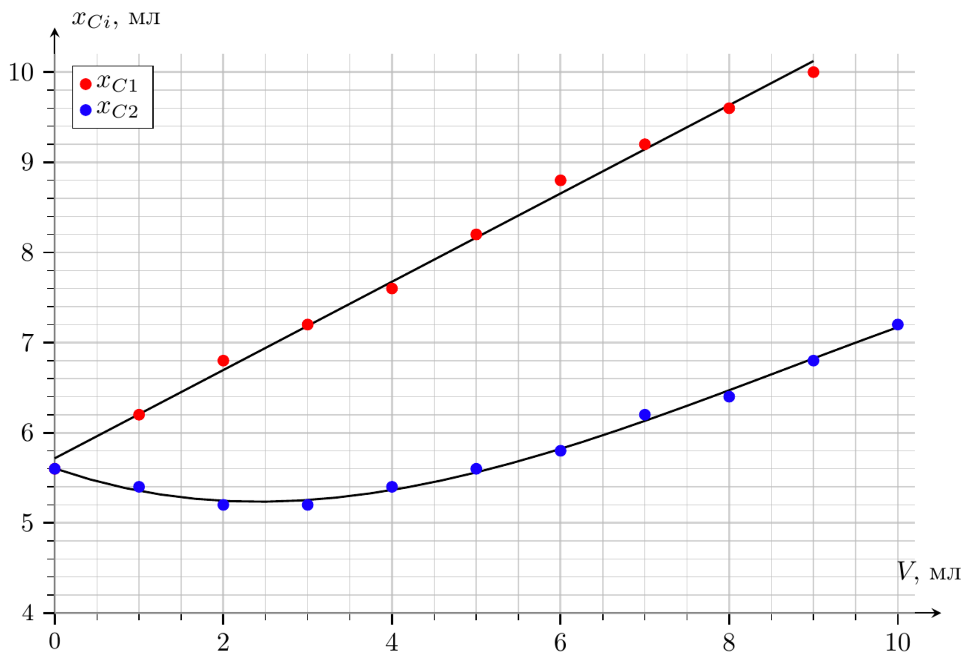
Снимем зависимость $x_{C2}(V)$.

x_{C2}, мл	V, мл
5,6	0
5,4	1
5,2	2
5,2	3
5,4	4
5,6	5
5,8	6
6,2	7

6,4	8
6,8	9
7,2	10

Ответ: Минимальное значение $x_{C2}^{\min} \approx 5{,}2$ мл.

Ответ:



3 Получите выражение, связывающее между собой $x_{C1}(V)$ и $x_{C2}(V)$ — координаты центра масс шприца в случаях, когда внутри него V мл воздуха или воды соответственно. В полученном выражении должны содержаться лишь m_1, m_2, V, x_{C1}, x_{C2} и плотность воды ρ_0.

Пусть шприц собственной массы $m_1 + m_2$ заполнен V мл воды. Центр масс самого шприца (без воды) находится в координате $x_{C1}(V)$. Центр масс воды находится в координате $V/2$. Шприц, заполненный водой, подвешен за нить в координате центра масс системы «шприц+вода» $x_{C2}(V)$. Запишем правило моментов для шприца с водой относительно точки подвеса. В этом случае момент силы натяжения нити будет равен нулю. Момент силы тяжести шприца (без воды) будет уравновешен моментом силы тяжести воды:

Ответ:

$$(m_1 + m_2)(x_{C1} - x_{C2}) = \rho_0 V(x_{C2} - \frac{V}{2}).$$

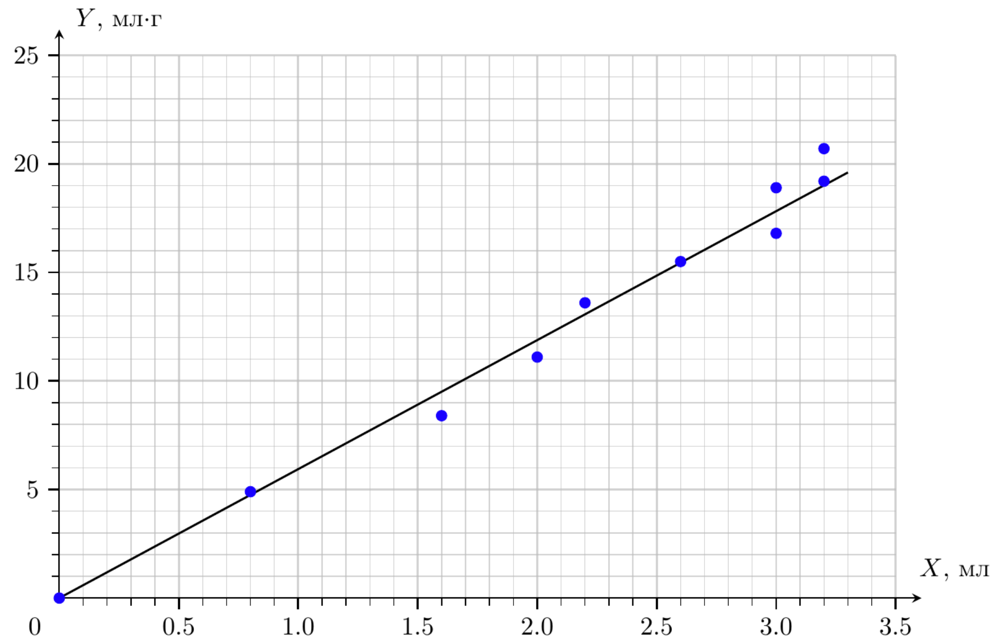
4 Зависимость, полученную в 3 пункте, можно привести к виду $Y = kX$, где Y и X — переменные, зависящие от измеряемых параметров (V, x_{C1}, x_{C2}), а k — постоянный коэффициент, связанный с массами m_1 и m_2. Предложите соответствующие переменные Y и X. Постройте линейный график $Y(X)$ и по его параметрам определите массы m_1 и m_2.

Заметим, что зависимость $Y(X)$, где $Y = \rho_0 V(x_{C2} - V/2)$ от $X = x_{C1} - x_{C2}$, является прямой пропорциональностью с угловым коэффициентом $m_1 + m_2$. Сделаем пересчёт значений Y и X.

Y, мл · г	X, мл
0	0
4,9	0,8
8,4	1,6
11,1	2,0
13,6	2,2
15,5	2,6
16,8	3,0
18,9	3,0
19,2	3,2

20,7	3,2

Построим график соответствующей зависимости:



Найдем угловой коэффициент $m_1 + m_2 \approx 5{,}9$ г. Тогда:

Ответ:

$$m_1 = m_2 = \frac{M}{2} \approx 3{,}0 \text{ г.}$$

Website in English

2020 — Мы те, кого должны превзойти.