

8 класс

**Задача 1. Взвешивание без весов**

Обмотав пробирку кусочком миллиметровой бумаги, определим периметр  $P = \pi D = 50,0$  мм. Тогда внешний диаметр  $D = 15,9$  мм.

Внутренний диаметр пробирки можно измерить, долив в неё шприцем воду и измерив изменение уровня  $\Delta x$ . Объём налитой воды  $\Delta V_1 = \frac{1}{4}\pi d^2 \Delta x$  нам известен, поскольку мы наливаем её шприцом.

Для того, чтобы пробирка плавала вертикально, нужно налить в неё некоторое количество воды. Измеряем уровни  $x$  и  $y$ , наклеив на пробирку с помощью скотча полоску миллиметровой бумаги, которая служит нам шкалой.

Воду в исследуемую пробирку наливаем шприцем, таким образом мы знаем объём  $V_1$ . Для измерения объёма  $V_2$  погрузим малую пробирку в большую до той же глубины  $y$ . Отметим уровень воды в большой пробирке. Затем вынем малую пробирку и шприцем дольём в большую пробирку воды до отмеченного уровня. Объём долитой воды равен  $V_2$ .

По закону Архимеда

$$(m + \rho_0 V_1)g = \rho_0 V_2 g,$$

значит, массу пробирки можно рассчитать по формуле

$$m = \rho_0(V_2 - V_1). \tag{1}$$

Измерим объём вытесняемой воды при полном погружении малой пробирки в большую и полный внутренний объём исследуемой пробирки. Разность этих объёмов и есть объём стекла пробирки  $V$ .

Рассчитаем плотность материала пробирки по формуле  $\rho = \frac{m}{V}$ .

*Примерные критерии оценивания*

Измерение диаметров $d$ и $D$ .....	1
Указано, как добиться вертикального плавания пробирки .....	1
Измерены уровни $x$ и $y$ .....	1
Измерен объём $V_1$ .....	1
Измерен объём $V_2$ .....	1
Получена формула (1) для массы пробирки .....	1
Рассчитана масса пробирки .....	1
Измерен объём пробирки .....	2
Рассчитана плотность материала пробирки .....	1

**Задача 2. Недеструктивный анализ**

1. Так как в шприце находится гайка, то нельзя непосредственно измерить объём набранной воды. Наберём в шприц воды до отметки  $V_0$ , так, чтобы гайка была полностью в воде. Подвесим к концу линейки шприц с водой и уравновесим её на краю стола. Запишем правило моментов:

$$(M + m_0)l_0 = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2} - l_0 \right), \quad (2)$$

где  $l_0$  — длина плеча от места подвеса шприца до точки опоры,  $L$  — длина линейки,  $m_0$  — масса воды в шприце.

Добавим в шприц воды, так что она доходит до отметки  $V_1$ . Тогда масса воды  $m_1 = \rho_0(V_1 - V_0)$  в граммах численно равна объёму добавленной воды  $V_1 - V_0$  в миллилитрах. Правило моментов в этом случае:

$$(M + m_0 + m_1)l_1 = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2} - l_1 \right). \quad (3)$$

Выразим из уравнений (2) и (3) массу линейки  $m_{\text{л}}$ :

$$m_{\text{л}} = \frac{2m_1 l_1 l_0}{(l_0 - l_1)L}. \quad (4)$$

2. Проведём ещё одно измерение, совсем без воды в шприце. Получим уравнение:

$$Ml = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2} - l \right). \quad (5)$$

Отсюда выражаем массу шприца и тела  $M$ :

$$M = m_{\text{л}} \left( \frac{L}{2l} - 1 \right).$$

3. Из уравнений (2) и (5) выразим массу  $m_0$  и подставим массу линейки  $m_{\text{л}}$  из выражения (4):

$$m_0 = \frac{m_{\text{л}}}{l_0} \left( \frac{L}{2} - l_0 \right) - \frac{m_{\text{л}}}{l} \left( \frac{L}{2} - l \right) = m_1 \cdot \frac{l_1}{l} \cdot \frac{l - l_0}{l_0 - l_1}.$$

Масса этой воды равна  $m_0 = \rho_{\text{в}}(V_0 - V)$ . Отсюда находим объём тела  $V$ :

$$V = V_0 - \frac{m_0}{\rho_{\text{в}}}.$$

*Примерные критерии оценивания*

Присутствует идея об использовании в качестве эталона массы массу добавленной воды .....	1
Записаны правила моментов для случаев (2) и (3) .....	1
Проведены измерения длин $l_0$ , $l_1$ , $L$ и массы добавленной воды $m_1 = \rho_0(V_1 - V_0)$ .....	1
Получен ответ для массы линейки $m_{\text{л}}$ .....	2
Измерена длина $l$ (для равновесия между шприцом с телом и линейкой) ...	1
Получен ответ для массы шприца с телом $M$ .....	1
Получено выражение для массы воды $m_0$ , такой, что тело полностью погружено .....	1
Записано выражение для массы воды $m_0$ через объём тела $V$ и уровень воды $V_0$ .....	1
Получен ответ для объёма тела $V$ .....	1