

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 Δx . 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