

10 класс

Задача 1. «Чёрный ящик»

Решение задачи смотрите в решении задачи 1 для 9 класса.

Задача 2. Избыточное давление

Надуем шарик до диаметра  $d \approx 25$  см. Его можно определить, обернув нитку вокруг шарика и измерив длину окружности  $L = \pi d$ . Заметим, что для разных сечений значения будут незначительно различаться, так как форма шарика неидеальна. Для большей точности измерим диаметр шарика в трёх перпендикулярных плоскостях и подставим в формулу  $V = \pi d^3/6$  усреднённое значение  $d_{\text{ср}}$ . Погрешность определения диаметра можно оценить из проведённых измерений. Для объёма верно соотношение  $\Delta V/V = 3\Delta d/d_{\text{ср}}$ .

Подвесим соломинку за её центр масс, сделав таким образом рычажные весы. В качестве гирек будем использовать кусочки бумаги, масса которых определяется их площадью (поверхностная плотность бумаги известна). Из бумаги делается чашечка для гирек. Чашечка и шарик крепятся нитками.

Измерения проведём в два этапа. Сначала уравновесим гирьками надутый шарик. Для большей точности плечи весов стоит выбирать максимально возможными. Замерим длину  $l_1$  плеча, на которое подвешен шарик.

На втором этапе будем уравновешивать сдутый шарик, оставив массу гирек такой же, подвешивая грузик известной массы  $m_0$  на плечо с шариком. Пусть в равновесии его плечо равно  $l_2$ . Тогда момент, создаваемый этим новым грузиком, компенсирует момент, создававшийся весом воздуха в шарике:  $Pl_1 = m_0l_2$ .

Заметим, что первым делается измерение с надутым шариком, так как при надувании на оболочке конденсируются пары воды, выдыхаемые с воздухом, что приводит к изменению массы шарика. При сдувании конденсат остаётся в шарике.

Вес воздуха в шарике равен разности силы тяжести, действующей на него, и архимедовой силы:

$$P = mg - V\rho_{\text{атм}}g = V\rho_{\text{внутр}}g - V\rho_{\text{атм}}g = m_0l_2/l_1,$$

где  $\rho_{\text{внутр}}$  — плотность воздуха внутри шарика, а  $\rho_{\text{атм}}$  — плотность атмосферного воздуха.

Избыточное давление в шарике:

$$\Delta p = \frac{1}{V} \frac{m_{\text{в}}}{\mu} RT - p_{\text{атм}} = \frac{RT}{\mu} (\rho_{\text{внутр}} - \rho_{\text{атм}}) = \frac{\Delta m_0 l_2}{\mu V l_1} RT = (2,5 \pm 0,5) \text{ кПа}.$$

Примерные критерии оценивания

Описан метод нахождения объёма $V$ и приведена верная формула . . . . .	2
Найдено значение $V$ . . . . .	2

Описан метод измерения избыточного давления . . . . .	3
Выведена формула для $\Delta p$ . . . . .	3
Описан верный метод учёта конденсата . . . . .	2
Получено верное значение $\Delta p$ . . . . .	2
Произведено усреднение полученных результатов . . . . .	1