

## 9 класс

### Молярная масса воздуха

Решение.

#### Часть 1. Масса шарика.

$$m_0 = (7.86 \pm 0.03) \text{ г.}$$

Допустимо различие в массах шарика на различных установках из-за разной длины трубки или вставленной в шарик части шприца. Различие не сказывается на итоговом ответе.

#### Часть 2. Экспериментальная

Измерим объем шарика. Возьмем частично заполненное водой прозрачное ведро с закрепленной линейкой. Положение уровня воды на линейке запоемним. Полностью погрузим шарик в воду, придерживая его рукой. Удобно держать шарик так, чтобы место крепления трубки к нему оставалось над поверхностью воды – тогда попадающая в этот стык вода не будет впоследствии искажать показания весов. Не погружаемый при этом под воду объем незначителен и существенной погрешности не вносит. Запоемним новый уровень воды. Затем вынем шарик из воды и с помощью мерного стакана долъем воду в ведро из второго ведра так, чтобы уровень воды совпал уровнем воды в ведре при погруженном шарике (см. Рис.1).

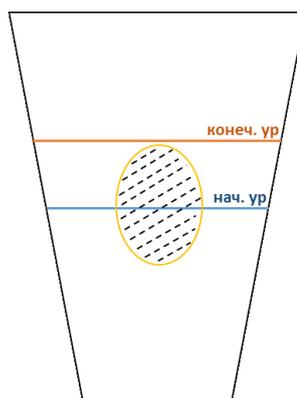


Рис. 1. Измерение объёма шарика

Измерим избыточное давление внутри шарика с помощью манометра.

Поставим на весы пустой сухой стакан 0.5 л. Второй стакан («мокрый») можно использовать для переливаний воды между ведрами. Обнулим показания весов. Поместим в стакан 0.5 л шарик с клапаном, протерев его салфетками для очистки от капель воды. Запишем показания весов. Результаты измерений приведены в таблице ниже.

$\Delta p$ , кПа	$V$ , л	$m$ , г
3.39	7.44	8.19
2.43	6.58	8.07
1.72	5.44	7.99
1.47	4.86	7.95
1.31	4.01	7.91
1.62	4.01	7.95
1.28	3.15	7.91

Конкретные значения могут быть различными для разных шариков. В частности, некоторые шарики не надуваются до объема 7,5 л. Однако получаемая молярная масса воздуха, естественно, сходится для всех шариков.

### Часть 3. Теоретическая.

Силу тяжести, действующую на воздух внутри шарика, можно найти, используя уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$F_T = mg = \frac{pV\mu}{RT}g \quad (1)$$

Сила Архимеда может быть определена как сила, действующая на объем воздуха, совпадающий по величине с объемом надутого шарика, но взятый при условиях окружающей среды. Эта сила, в свою очередь, равна силе тяжести, действующей на этот объем воздуха, так как он находится в равновесии среди окружающего его воздуха. Тогда значение силы Архимеда составит:

$$F_a = m'g = \frac{p_0V\mu}{RT}g, \quad (2)$$

где  $m'$  — масса воздуха, занимающая объем шарика, но находящаяся при атмосферном давлении (т.е. масса вытесненного шариком воздуха).

Тогда вес шарика на весах может быть найден как сумма силы тяжести оболочки с клапаном, сила тяжести воздуха внутри шарика и взятой с обратным знаком силы Архимеда. А показания весов связаны с весом шарика через ускорение свободного падения:

$$P = m_0g + (m - m')g \quad (3)$$

$$m_{\text{вес}} = P/g = m_0 + \frac{\Delta pV\mu}{RT} \quad (4)$$

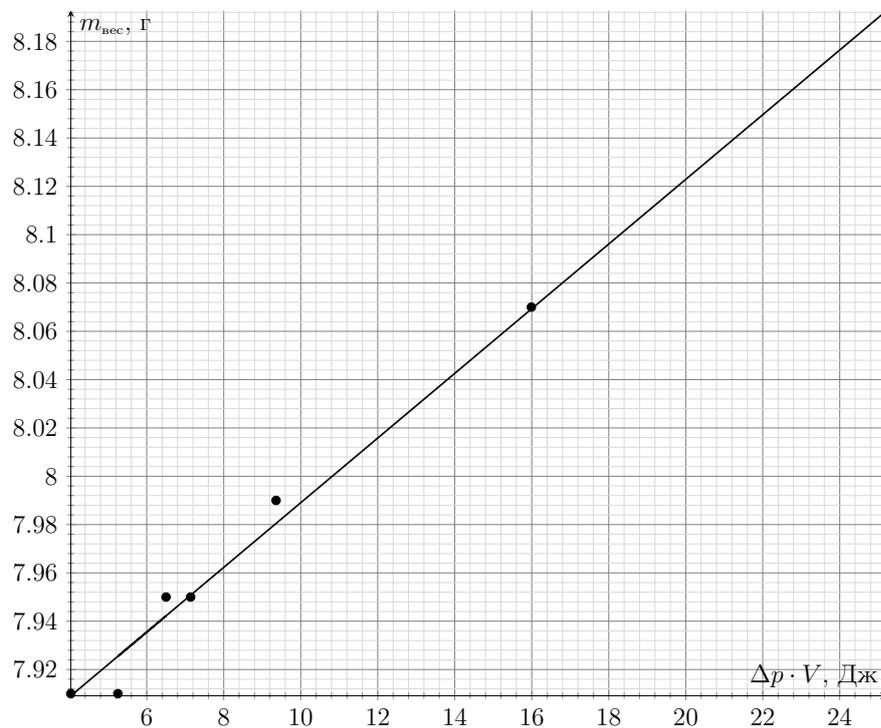
### Часть 4. Обработка.

Приведем посчитанную зависимость  $m_{\text{вес}}(\Delta p \cdot V)$ . Так как при нулевом объеме масса, измеряемая на весах, равна  $m_0$ , то график должен выходить из точки  $(0; m_0)$ .

$\Delta p$ , кПа	$V$ , л	$m_{\text{вес}}$ , г	$\Delta p \cdot V$ , Дж
3.39	7.44	8.19	25.22
2.43	6.58	8.07	15.99
1.72	5.44	7.99	9.36
1.47	4.86	7.95	7.14
1.31	4.01	7.91	5.25
1.62	4.01	7.95	6.5
1.28	3.15	7.91	4.03

Построим график зависимости  $m_{\text{вес}}$  от  $\Delta p \cdot V$ .

Зависимость  $m_{\text{вес}}$  от  $\Delta p \cdot V$



Из графика определим угловой коэффициент аппроксимирующей прямой:

$$k = (13.1 \pm 0.3) \cdot 10^{-3} \frac{\text{г}}{\text{Дж}}$$

После чего рассчитаем в соответствии с (4):

$$\mu = kRT = (32.4 \pm 1.0) \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$$