

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 запоем. 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. Запомним новый уровень воды. Затем вынем шарик из воды и с помощью мерного стакана дольем воду в ведро из второго ведра так, чтобы уровень воды совпал уровнем воды в ведре при погруженном шарике (см. Рис.1).

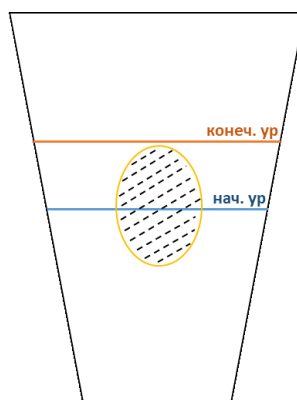


Рис. 1. Измерение объёма шарика

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.

Δp , 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:

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

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

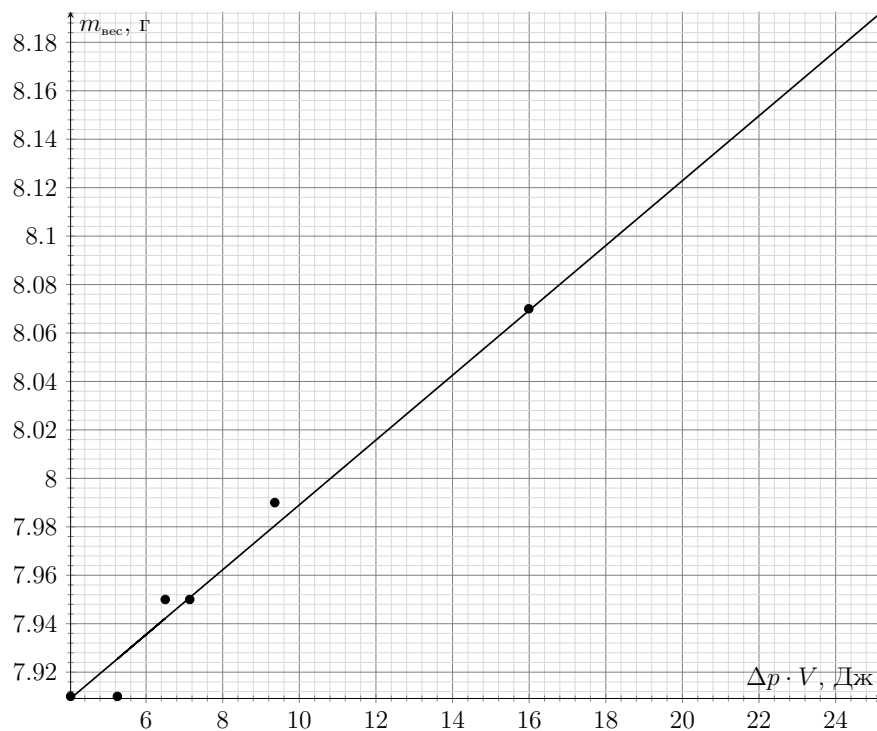
Часть 4. Обработка.

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 $(0; m_0)$.

Δp , 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):

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